DASAR-DASAR REPRODUKSI DAN EMBRIOLOGI

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
DITERIMA TGL 18 Mar 1993
SUMBER/HARGA HD
KOLEKSI KKI
NO. INVENTARIS 178/HD/93 - d②
NO. 574.16 Emi d②

OLEH
DRS. EMLIAS
DRA. HEFFI ALBERIDA

JURUSAN PEDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA
DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IKIP PADANG
MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG
1992

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul "Dasar-dasar Reproduksi dan Embriologi.

Di dalam buku ini dibahas dasar-dasar reproduksi dan embriologi yang meliputi reproduksi sel dan pembentukan gamet sampai pada proses pembuahan. Bahasan itu dilanjutkan dengan perkembangan awal zigat sampai gastrulasi. Pembahasan lebih banyak difokuskan pada hewan vertebrata.

Reproduksi dan embriologi dua cabang biologi yang sulit untuk dipisahkan dalam mempelajarinya. Belajar reproduksi mau tidak mau akan masuk pada materi embriologi. Begitu pula sebaliknya, mempelajari embriologi tentu harus memahami ilmu reproduksi.

Saat ini terasa sulit untuk mencari buku-buku yang secara berurutan menjelaskan proses pertumbuhan dan perkembangan hewan sejak dari gamet sampai menjadi embrio. Kalaupun ada kebanyakan tidak berbahasa Indonesia. Dengan adanya buku ini mudah-mudahan masalah itu dapat teratasi.

Dalam menyelesaikan buku ini, penulis telah banyak mendapat bantuan berharga dari berbagai pihak yang tidak dapat diutarakan satu persatu. Untuk bantuan itu penulis aturkan terima kasih, semoga jerih payah itu mendapat balasan amal shaleh dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu penulis sangat mengharapkan keritik dan saran yang bersifat konstruktif dari pembaca, demi ke sempurnaannya.

Semoga buku ini bermanfaat.

Padang, Juli 1992

Penulis.

DAFTAR ISI

		Halaman
KATA PENGANTAR	.....	ii
DAFTAR ISI	.....	iv
DAFTAR GAMBAR	.....	v
I	PENDAHULUAN	1
	A. Hubungan Embriologi dan Reproduksi	1
	B. Periode Pertumbuhan Embrio	3
II	PEMBELAHAN SEL	6
	A. Pembelahan Mitosis	7
	B. Pembelahan Meiosis	11
III	GAMETOGENESIS	23
	A. Spermatogenesis	23
	B. Oogenesis	30
IV	PEMBUAHAN (FERTILISASI)	39
	A. Perjalanan Sperma Ke tempat Pembuahan .	40
	B. Perjalanan Ovum	45
	C. Pemasukan Sperma ke Dalam Ovum	48
V	PEMBELAHAN	53
	A. Tipe-tipe Pembelahan	53
	B. Mekanisme Pembelahan Pada Berbagai Telur	59
DAFTAR PUSTAKA	.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 . Pembelahan Mitosis Pada Sel Hewan	12
2 . Pembelahan Meiosis	19
3 . Spermatogenesis	25
4 . Tahap-tahap Dalam Pematangan Spermatida	26
5 . Sperma yang Sudah Matang Pada Manusia	28
6 . Spermatozoa Berbagai Spesies Hewan	29
7 . Tahap-tahap Oogenesis	32
8 . Telur Isolesital Pada Bulu Babi	34
9 . Telur Isolesital Pada Manusia	34
10. Telur Telolesital Pada Katak	35
11. Telur Telolesital Pada Ayam	36
12. Telur Sentrolesital Pada Lalat Buah	36
13. Tempat-tempat Fertilisasi	40
14. Tahap Perjalanan Sperma	43
15. Bentuk Sperma yang Normal dan Abnormal	46
16. Perjalanan Ovum	47
17. Penembudan Telur Oleh Spermatozoa	49
18. Tahap-tahap Fertilisasi	50
19. Pembelahan Tipe Bilateral	56
20. Pembelahan Tipe Diskodial	58
21. Pembelahan Tipe Superfisial	59
22. Tipe-tipe Pembelahan Pada Berbagai Telur	61
23. Pembelahan Pada Telur Insekta	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Hubungan Embriologi dan Reproduksi

Embriologi adalah cabang dari biologi yang membahas tentang embrio. Embrio atau mudigah adalah makhluk yang sedang dalam tingkat tumbuh dalam kandungan, baik kandungan itu berada dalam tubuh induk (dalam rahim) atau di luar tubuh induk (dalam telur). Tingkat tumbuh yang dimaksud adalah perubahan dari bentuk sederhana dan muda sampai jadi bentuk kompleks dan dewasa (Morris Winokur, 1962 : 158).

Embriologi merupakan suatu cabang ilmu pengetahuan yang erat hubungannya dengan reproduksi, dengan kata lain embriologi adalah sebagian dari reproduksi. Untuk melihat hubungan antara embriologi dengan reproduksi dapat dikemukakan tahap-tahap yang dilalui proses reproduksi. Menurut Wildan Yatim, tahap-tahap reproduksi terdiri dari tujuh tahap yaitu:

1. Masa persiapan
2. Masa kawin
3. Masa pembuahan
4. Masa pertumbuhan dalam kandungan
5. Masa kelahiran
6. Masa pertumbuhan anak
7. Masa dewasa

(Wildan Yatim, 1982 : 3)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

1. Masa persiapan

Pada tahap ini terjadi persiapan untuk melakukan reproduksi. Alat reproduksi khususnya bersiap untuk melakukan perkawinan. Gamet dimatangkan dan disalurkan ketempat pembuahan. Pada hewan tertentu terjadi perpindahan tempat, umpamanya hewan yang tinggal di daerah dingin pergi ke daerah panas, agar alat reproduksinya dapat berfungsi normal dan menghasilkan gamet matang.

2. Masa kawin

Masa kawin adalah masa pelaksanaan proses reproduksi. Jantan dan betina bertemu dan melakukan perkawinan (coitus). Untuk bertemu itu perlu pemikat. Bahan dan cara memikat berbeda untuk masing-masing hewan, misalnya ; menggeluarkan bau-bauan yang sengit dari kelenjar kulit, bernyanyi atau membuat gerakan yang membuat lawan jenisnya tertarik untuk mendekat.

3. Masa pembuahan

Jika terjadi coitus, spermatozoa mengalir ketempat pembuahan. Begitu pula halnya dengan ovum, juga dilepaskan ketempat pembuahan. Kedua jenis gamet ini saling mengeluarkan zat untuk memungkinkan terjadi penyatuan. Setelah bertemu spermatozoa akan mengeluarkan zat lain untuk melepaskan selaput ovum agar dapat menerobos masuk.

4. Masa pertumbuhan dalam kandungan

Setelah ovum dibuahi, ia akan turun ke uterus (rahim) dan mengalami pertumbuhan lebih lanjut disini. Bagi hewan ovivar (bertelur), ovum yang telah dibuahi akan dikeluarkan dari tubuh induk. Perkembangan embrio akan terjadi di dalam telur tersebut.

5. Masa kelahiran

Saat embrio keluar dari tubuh induk disebut masa kelahiran. Anak yang dilahirkan mungkin sudah bisa berdiri sendiri, mencari makan sendiri, mungkin pula masih tergantung pada asuhan induk atau parent.

Dari uraian tahap-tahap reproduksi di atas, jelas bagi kita betapa eratnya hubungan antara embriologi dengan reproduksi. Embriologi bukan hanya meliputi masa pertumbuhan dalam kandungan, tetapi juga termasuk masa persiapan, perkawinan dan masa pembuahan.

B. Periode Pertumbuhan Embrio

Sebagaimana reproduksi, pertumbuhan embrio mulai dari persiapan sampai pada bentuk yang sempurna, ada beberapa periode; periode persiapan, periode pembuahan, periode pertumbuhan awal, periode antara dan periode pertumbuhan akhir (Gayatri, 1986 : 4).

Lebih lanjut Gayatri menjelaskan peristiwa-peristiwa yang terjadi pada tiap-tiap periode :

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

1. Masa persiapan

Pada masa persiapan kedua induk disiapkan untuk melakukan perkawinan atau pembiakan. Gamet mengalami proses pematangan, sehingga mampu melakukan pembuahan.

2. Periode pembuahan

Pada periode ini induk melakukan perkawinan, gamet melakukan perjalanan ke tempat pembuahan, lalu kedua jenis gamet yang berbeda melakukan pembuahan.

3. Periode pertumbuhan awal

Periode pertumbuhan awal dimulai sejak zigot mengalami pembelahan berulang kali sampai embrio memiliki bentuk primitif. Bentuk primitif ialah bentuk dan susunan tubuh embrio yang masih sederhana dan kasar. Bentuk primitif ini umumnya terdapat pada hewan vertebrata. Periode pertumbuhan awal terdiri dari empat tingkat yaitu :

a. Tingkat pembelahan/morulla
b. Tingkat blastula
c. Tingkat gastrula
d. Tingkat tubulasi

4. Periode antara (transisi)

Periode antara adalah masa antara periode awal dengan periode akhir. Pada tahap ini embrio mengalami transformasi bentuk dan susunan tubuh secara berangsur-angsur dan akhirnya mencapai bentuk defini-

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

tif. Bentuk definitif adalah bentuk embrio yang sudah menyerupai hewan dewasa. Pada periode ini tubuh embrio mengalami differensiasi terperinci dan lengkap.

Pada hewan yang embrionya mengalami tingkat berudu, maka periode antara disebut tingkat berudu, biasanya terdapat pada pisces dan amphibia. Pada Methateria (marsuphilia), embrio lahir lalu secara naluri merayap ke marsupium induk dan langsung melekat ke putil susu, selanjutnya terus berkembang ke bentuk dewasa, masa ini disebut juga tingkat berudu.

5. Periode pertumbuhan akhir

Periode pertumbuhan akhir adalah periode penyempurnaan bentuk definitif sampai lahir. Pada setiap hewan periode ini memiliki waktu yang berbeda, misalnya Anura, periode ini berlangsung beberapa jam setelah metamorphosis, pada aves beberapa hari sebelum menetas. Pada mammalia periode pertumbuhan akhir jauh lebih lama. Pada manusia periode ini beberapa bulan sebelum kelahiran.

Bagi hewan yang tidak memiliki tingkat berudu sukar membuat batas antara periode antara dengan periode akhir, oleh sebab itu sering dibicarakan sekaligus, tidak dipisahkan. Gabungan kedua periode ini disebut tingkat organogenesis, yaitu tingkat pembentukan alat tubuh serta mengkoordinasikannya dalam berbagai sistim.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

BAB II

PEMBELAHAN SEL

Salah satu ciri makhluk hidup adalah kemampuan untuk berkembang biak. Sel merupakan unit struktur dan unit fungsi pada setiap makhluk hidup, maka kemampuan berkembang biak merupakan ciri setiap sel. Seberapa jauh kemampuan suatu sel berkembang biak, dapat diukur dengan mengikuti pertumbuhan zigot. Zigot mula-mula terdiri dari satu sel, lalu berkembang menjadi dewasa yang tubuhnya dibentuk sekitar 10^{14} sel.

Sebuah sel yang sedang tumbuh selalu mengalami siklus sel. Siklus sel merupakan serangkaian proses yang berlansung sejak pembentukannya sampai mulai membelah. Siklus sel terdiri dari dua fase yaitu interfase dan fase pembelahan. Pada sel-sel eukarotik, ada dua macam pembelahan sel yaitu mitosis dan meiosis (Wayan Bawa, 1988 : 178). Pembelahan mitosis berfungsi untuk mengadakan pertumbuhan (termasuk mengganti sel-sel yang rusak/mati), sedangkan pembelahan meiosis bertujuan untuk membentuk sel-sel perkembangbiakan (gamet).

Sel yang tidak dalam keadaan membelah disebut berada dalam masa interfase. Dahulu orang berpendapat fase ini merupakan masa istirahat sebelum sel kembali membelah. Ternyata pendapat ini mulai dibantah. Interfase bukanlah fase istirahat, karena dari hasil penelitian para ahli mengung-

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

kapkan pada interfase berlangsung beberapa kegiatan yang sangat intensif, antara lain biosintesis asam deoksi ribonukleat (ADN) dan pembagian komponen-komponen kromosom menjadi dua bagian yang sama. Sementara itu ukuran selpun bertambah menjadi dua kali semula (Wildan Yatim, 1982 : 18-19). Jadi dapat disimpulkan pada interfase berlansung serangkaian proses yang kompleks, sebagai persiapan untuk membagikan materi-materi yang terdapat dalam sebuah sel kepada sel-sel anak dengan jumlah yang sama. Sebelum membelah komponen-komponen molekuler yang penting dalam sel telah digandakan menjadi dua kali lipat, sehingga pembelahan sel sebenarnya hanyalah merupakan fase terakhir dari perubahan-perubahan ting kat molekuler yang telah berlansung.

A. Pembelahan Mitosis

Istilah mitosis berasal dari bahasa latin, mitos berarti benang. Istilah ini diberikan kepada proses pembelahan sel atas dasar pengamatan yang menunjukkan pada permulaan pembelahan sel, di dalam nukleus tampak materi yang berupa benang yang tak lain adalah kromosom. Gambaran secara umum tentang proses mitosis dapat dilihat pada proses pembelahan sel hewan yang dipelihara dalam kultur jaringan.

Pembelahan sel secara mitosis terdiri dari empat tahap (fase) yang berurutan, yang batas-batasnya sering tidak jelas. Tahap-tahap itu adalah profase, metafase,

anafase dan telofase (Wayan Bawa, 1988 : 181). Berikut akan kita lihat proses-proses penting yang terjadi pada masing-masing fase.

1. Profase

Pada tahap profase berlansung beberapa proses penting antara lain adalah sebagai berikut :

a. Pemilinan kromatida, disintegrasi nukleus dan pembentukan spindel.
b. Di dalam nukleus tampak kromosom berupa benang-benang halus yang dibentuk oleh kromatin.
c. Benang-benang kromatin mengadakan lipatan-lipata sehingga dapat tampat lebih jelas.

Pada awal profase, kromosom tersebar merata di dalam nukleus, sementara proses berlansung kromosom makin dekat ke arah membran nukleus sehingga bagian tengah nukleus menjadi kosong. Kromosom pada tahap profase tampak seolah-olah berpasangan, karena setiap kromosom terdiri dari dua kromatida yang arahnya sejajar dalam keadaan terpilin.

Perubahan lain yang berlansung pada profase adalah bertambah kecilnya ukuran nukleolus (anak inti) dan akhirnya melebur dengan nukleoplasma. Pada akhir profase, membran nukleus pecah-pecah adan akhirnya lenyap. Dengan demikian materi nukleoplasma bersatu dengan sitoplasma.

Perubahan yang terjadi dalam sitoplasma pada

IKIP PADANG

tahap profase adalah pembentukan spindel. Pada awal profase tampak dua pasang sentriol yang masing-masing dikelilingi oleh aster, yang tampak seperti bintang. Aster dibentuk oleh mikrotubulus yang arahnya kesegala penjuru. Kedua sentriol bersama-sama dengan asternya kemudian pindah ke kutub sel yang berlawanan.

2. Metafase

Metafase adalah fase peralihan antara profase dengan anafase (meta = di antara). Peristiwa penting dalam metafase adalah orientasi kromosom pada bidang ekuator sel. Peralihan antara profase dengan metafase waktunya sangat singkat.

Pada awal metafase, membran nukleus hilang dan kromosom kelihatan tidak teratur. Setelah itu benang-benang spindel masuk ke dalam daerah pusat sel, sedangkan mikrotubulusnya merentang di antara kedua kutup sel. Kromosom melekat dengan kinektornya (sentromer) pada benang-benang spindel dan berputar berkumpul secara radial pada bidang ekuator sel. Benang-benang spindel yang berhubungan dengan kromosom dinamai benang-benang spindel kromosom, sedangkan benang-benang spidel lainnya merentang secara kontinyu dari kutub ke kutub. Seliruh benang spindel membentuk gambaran seperti sangkar burung pada daerah nukleus (inti).

3. Anafase

Anafase berasal dari kata ana = mundur, menarik diri. Proses penting pada anafase adalah berpisahnya pasangan kromatida yang membentuk kromosom. Masing-masing pasangan kromosom bergerak menuju ke kutub sel yang berlawanan.

Pada metafase gaya tarik spindel kromosom masih seimbang sehingga kromosom tetap berada pada bidang ekuator sel. Pada tahap anafase, keseimbangan gaya tersebut tidak ada lagi karena sentromer membelah menjadi dua. Proses yang demikian berlansung serentak pada seluruh kromosom. Sentromer terpisah saling menjauhi, sehingga kromatida ikut terpisah dari pasangannya. Sentromer seolah-olah ditarik oleh spindel kromosom dan bergerak mendahului kromatidanya. Karena tarikan itu bentuk kromatida menjadi seperti huruf v. dengan bagian sudut mengarah ke kutub sel.

4. Telofase

Peristiwa yang terpenting dalam telofase (telo = akhir, ujung) adalah terbentuknya nukleus anak yang mengandung komponen-komponen kromosom yang identik dengan nukleus induk. Jika gerakan kromatida ke arah kutub sel sudah berhenti, hal ini menandakan bahwa telofase sudah mulai. Pada fase ini kromosom yang ada pada masing-masing kutub sel membuka pilinannya dan berkumpul menjadi massa kromatin yang di-

PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

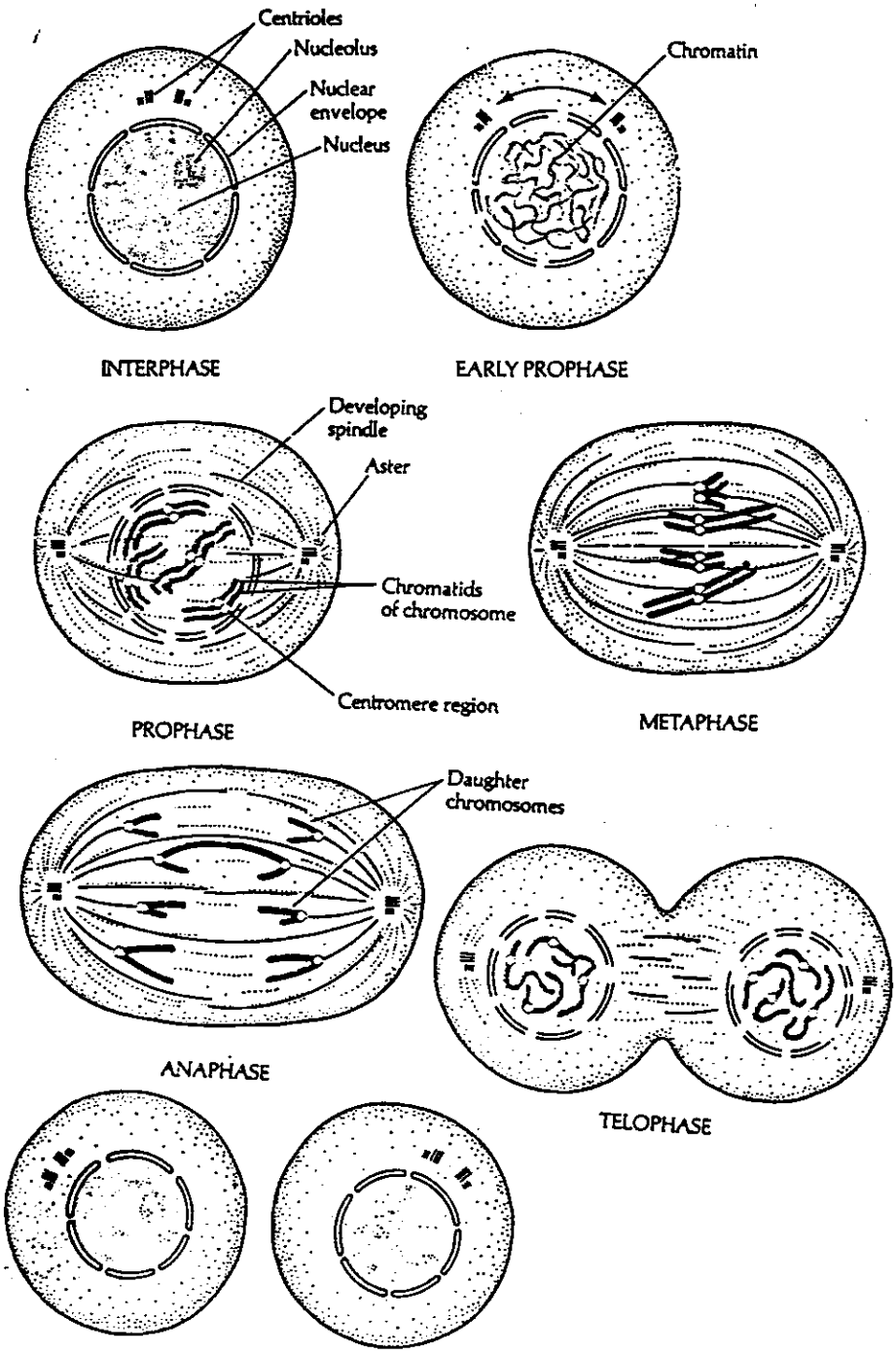
kelilingi oleh calon membran nukleus. Calon membran ini dibentuk oleh retikulum endoplasma yang bersatu membentuk dua lapisan membran nukleus anak. Pada tahap yang terakhir nukleolus kelihatan kembali pada daerah pembentuknya di kromosom. Bersamaan dengan itu berlansung pula pembentukan membran nukleus dan sitokinesis, atau pembagian sitoplasma. Pada sel hewan, sitoplasmanya menyempit pada daerah ekuator sel. Penyempitan tersebut makin lama makin dalam dan akhirnya seluruh sel terbagi menjadi dua buah sel anak, sedangkan kromatida kembali menjadi kromosom melalui replikasi ADN selama sitokinesis. Komponen-komponen sitoplasma dan organelanya (seperti; mitokondria dan badan golgi) dibagi pada kedua daerah sitoplasma,yang di batasi oleh bagian sel yang menyempit. Selanjutnya komponen-komponen tersebut di bagikan pada kedua sel anak dengan jumlah yang sama. Untuk lebih jelas tahap-tahap pembelahan secara mitosis dapat dilihat pada gambar 1.

B. Pembelahan Meiosis

Meiosis adalah pembelahan sel yang khusus, yang hanya terdapat pada organisma yang berkembang biak dengan perkawinan (secara seksual). Dalam tubuh organisma yang bersangkutan dihasilkan dua jenis sel kelamin atau gamet yang dapat bersatu membentuk zigot. Selanjutnya

Gambar 1

Pembelahan Mitosis Pada Sel Hewan



(Scott F Gilbert, 1985 : 9)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

zigot tumbuh menjadi individu baru.

Untuk memahami bagaimana pentingnya meiosis, mari kita ambil contoh kasus pada tubuh manusia. Kariotipe sel manusia terdiri dari 46 kromosom (44 autosom + XY pada pria dan 44 autosom + XX pada wanita). Jika hanya ada pembelahan sel mitosis, maka setiap gamet (spermatozoa dan sel telur) adan memperoleh 46 kromosom, sehingga zigot yang terbentuk sebagai hasil pembuahan mempunyai 92 kromosom. Generasi berikutnya yang berasal dari individu tersebut akan memiliki 184 kromosom demikian seterusnya. Setiap generasi baru akan memiliki kromosom dua kali lipat dari jumlah kromosom induk. Jika hal ini terjadi, dapat dibayangkan ukuran tubuh manusia makin lama makin tinggi dan besar. Untuk menghindari hal itu dalam tubuh manusia terjadi pembelahan meiosis (meioum= mengurangi). Pada pembelahan meiosis terjadi pengurangan jumlah kromosom. Setiap sel gamet mempunyai kromosom setengah dari jumlah kromosom induk. Sel induk yang semula diploid membelah menjadi empat gamet yang haploid (Wayan Bawa, 1988 : 185).

Meiosis merupakan proses yang kompleks dan memerlukan waktu yang lama jika dibandingkan dengan mitosis. Pada meiosis berlansung beberapa proses penting antara lain ; pengurangan jumlah kromosom sehingga tinggal setengah dari semula, rekombinasi genetik melalui pindah silang (crossing over) dan pemisahan kromosom yang homo-

log secara acak.

Seperti pada mitosis, meiosispun didahului oleh periode S yaitu waktu untuk melaksanakan sintesis ADN. Nukleus tidak dapat membentuk lebih dari dua nukleus anak dalam sekali pembelahan. Untuk membentuk empat buah gamet diperlukan dua kali pembelahan sel yang berurutan, yang disebut meiosis I dan meiosis II. Proses yang berlansung pada meiosis I sangat berbeda dengan meiosis II, walaupun sama-sama terdiri dari empat fase seperti pada mitosis. Keempat fase itu adalah profase, metafase anafase, dan telofase. Fase yang paling lama dan paling kompleks adalah profase pada meiosis I (profase I). Profase I terdiri atas lima tahap yaitu : leptoten, zigoten pakiten, diploten dan diakinesis (Steven B, Oppen Heimer 1980 : 12-13). Karena meiosis merupakan pembelahan sel yang dinamis, maka batas setiap tahapan dalam meiosis dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Profase I

Profase I memiliki tahap-tahap leptoten, zigoten dan seterusnya. Leptoten atau leptonema (lepto= kecil, nema= benang),pada tahap ini ukuran nukleus bertambah besar dan kromosom kelihatan lebih jelas seperti benang-benang panjang yang halus dan tidak berpasangan. Sepanjang kromososm terbentuk penebalan-penebalan yang disebut kromomer. Adanya kromomer menyebabkan kromosom tampak seperti untaian kalung manik.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Selama tahap leptoten kontraksi kromosom terus berlansung.

Zigoten atau zigonema (zigon= berdampingan). Pada tahap ini terjadi pembentukan pasangan kromosom secara aktif (sinapsis) sehingga kromosom berjumlah 2n.

Pakiten atau pakinema berasal dari kata pachus yang artinya tebal. Pada tahap ini kromosom terlihat menebal. Kromomer pada pasangan kromosom yang homolog berderet sejajar pada ekuator dan nukleolus terlihat jelas.

Diploten atau diplonema, pada tahap ini peraperanan ADN yang telah dibentuk sebelum meiosis lebih jelas, yaitu dalam wujud kromatida. Setiap kromosom yang berpasangan terdiri dari dua kromatida (kromosom anak). Setelah sinapsis, pasangan kromosom memiliki empat kromatida yang homolog (tettrad).

Pada tahap diploten terjadi saling tolak antara pasangan kromosom, karena ikatan pasangan agak longgar. Waktu kromosom agak terpisah, di antara dua kromatida yang berdekatan terdapat kiasma. Pada suatu pasangan kromosom mungkin terdapat lebih dari satu kiasma. Kiasma merupakan pindah silang (crossing over) yang baru mulai tampak. Pindah silang sebenarnya telah terjadi sebelum tahap diploten, mungkin dalam tahap zigoten atau pakiten. Proses pindah silang

mempunyai peranan penting dalam pembentukan variasi genetik, karena dalam proses tersebut terjadi kombinasi gen yang baru. Selama diploten berlansung transkripsi asam ribo nukleat (ARN) secara aktif.

Diakinesis berasal dari kata dia=menyeberang/ cross. Tahap diakinesis tidak berbeda dengan tahap diploten, kecuali kromosom yang terus bertambah pendek. Pada tahap ini kromosom yang semula berupa benang panjang berubah menjadi unit-unit yang lebih padat dan pendek (kompak) yang lebih mudah bergerak dalam proses meiosis lebih lanjut.

Dari uraian di atas dapat kita ambil inti sarinya bahwa dalam profase I menghasilkan tiga hal penting yaitu:

a. Rekombinasi genetik
b. Penyusunan melekul ARN, protein, lipid dan karbohidrat yang diperlukan untuk pertumbuhan gamet dan embrio.
c. Kondensasi kromosom menjadi lebih pendek.

2. Metafase I

Menjelang metafase I, membran nukleus dan nukleolus lenyap. Setiap pasangan kromosom yang homolog mengambil posisi pada bidang ekuator sel. Pada tahap ini sentromer tidak membelah. Sentromer pada pasangan kromosom yang homolog melekat pada benang-benang spindel yang berasal dari kutub sel yang berlawanan.

574.16
Emi
a2

3. Anafase I

Pada tahap ini pasangan kromosom yang homolog bergerak menuju ke kutub sel yang berlawanan, karena sentromer (kinektor) yang terdapat pada masing-masing kromosom belum membelah, maka pada setiap kromosom masih tampak dua kromatida yang berlekatan.

4. Telofase I

Telofase I yang diikuti oleh interkinesis (interfase) sifatnya bervariasi. Pada beberapa organisma tahap ini sama sekali tidak ada pembentukan membran nukleus anak dan meosit terus berlangsung memasuki tahap meiosis II. Pada sel yang lain, telofase dan interkinesis sangat singkat, padanya terbentuk membran nukleus anak dan kromosom bertambah panjang serta menyebar dalam nukleus anak. Pada telofase I tidak terjadi sintesis ADN. Keadaan genetik kromosom tidak berubah dan kedua nukleus anak yang terbentuk sebagai hasil meiosis I sudah haploid.

Karena meiosis I berakhir dengan pengurangan jumlah kromosom menjadi setengahnya (dari diploid menjadi haploid) maka meiosis disebut juga dengan pembelahan reduksi. Proses selanjutnya adalah meiosis II yang prosesnya sama dengan mitosis pada sel-sel yang haploid. Karena itu meiosis II dinamai pembelahan ekuasi (equation division).

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

5. Profase II

Tahap ini dimulai dengan memendeknya kromosom yang haploid (N).

6. Metafase II

Pada tahap ini keomosom menempati bidang ekuator sel.

7. Anafase II

Pada tahap ini sentromer membelah dan masing-masing kromatida tertarik oleh benang-benang spindel menuju ke kutub sel yang berlawanan.

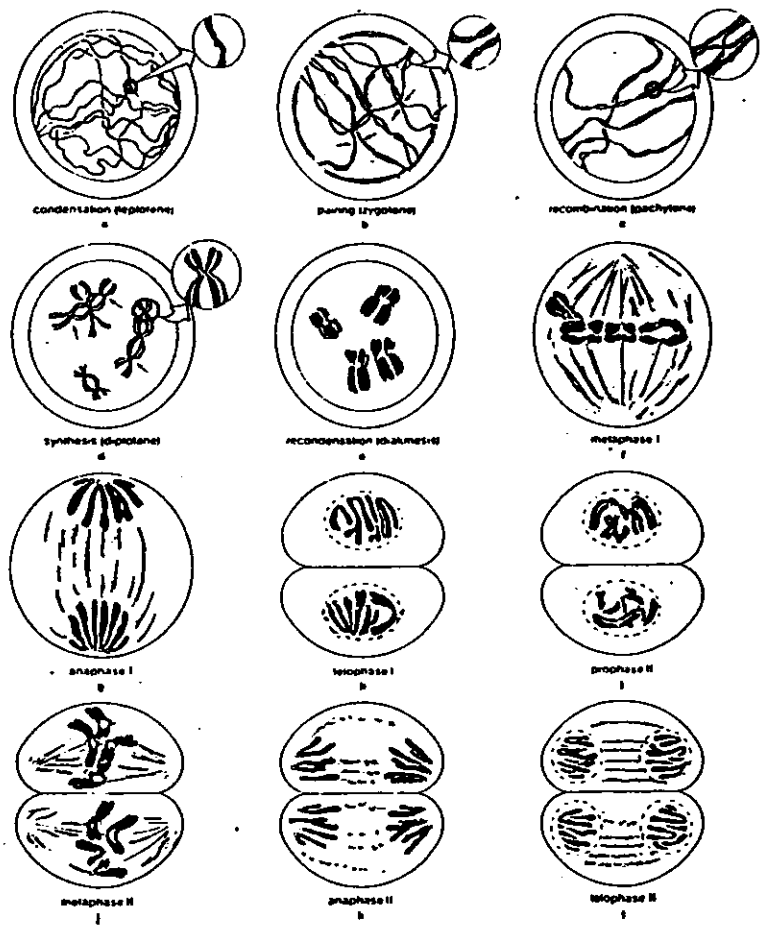
8. Telofase II

Pada setiap kutub sel terbentuk kembali nukleolus disekitar kromosom. Akhirnya dari sebuah meiosit yang diploid dihasilkan empat sel anak (gamet) yang haploid. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 2.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Gambar 2

Pembelahan Meiosis



Meiosis in diagrammatic form. (a) Condensation stage. Although both chromatids are shown for diagrammatic purposes in the condensing chromosomes in this figure (magnified circles), the split between the two chromatids of each chromosome is not actually visible at this or the pairing or recombination stages of meiotic prophase I. (b) Pairing stage. Pairing is in progress at several points (arrows). (c) Recombination. (d) Transcription. The chromosomes are held in pairs at this stage only by the crossovers (arrows) remaining from the recombination stage. In most organisms, all four chromatids of the tetrads usually become vidible for the first time at this stage of prophase I. (e) Recondensation. (f) Metaphase I. (g) Anaphase I. (h) Telophase I. (i) Prophase II. (j) Metaphase II. (k) Anaphase II. (l) Telphase II.

(Wolfe, 1985 : 191)

Perbedaan Antara Mitosis dan Meiosis

No.	Mitosis	Meiosis
1.	Berlangsung pada sel-sel somatis baik yang haploid maupun diploid (2N)	Berlangsung pada sel-sel perkembangbiakan (germinal cell) yang diploid (2N)
2.	Waktunya relatif singkat (beberapa jam)	Waktunya lama, misalnya pada pria berlangsung selama 24 hari, sedangkan pada wanita bahkan sampai beberapa tahun.
3.	Pembelahan nukleus hanya berlangsung satu kali dengan menghasilkan dua buah nukleus anak.	Pembelahan nukleus berlangsung dua kali berturut-turut dengan menghasilkan empat buah nukleus anak.
4.	Satu pembelahan sel didahului oleh perioda S (sentesa ADN)	Kedua pembelahan sel yang berurutan hanya didahului oleh satu perioda S (sintesa ADN)
5.	Setiap kromosom pada profase bersifat bebas, biasanya tidak membentuk pasangan.	Pada profase I terbentuk pasangan-pasangan kromosom yang homolog (proses sinapsis).

NO.	Mitosis	Meiosis
6.	Tidak terdapat pindah silang (crossing over)	Pada setiap pasangan kromosom yang homolog sekurang-kurangnya terjadi sebuah pindah silang (crossing over).
7.	Pada metafase, kromosom yang terdiri atas dua kromatida berada sendiri-sendiri dalam bidang ekuator dan melekat pada benang spindel dengan perantaraan kinektor.	Pada metafase I terdapat pasangan-pasangan kromosom yang homolog pada bidang ekuator. Anggota pasangan tersebut melekat pada benang spindel yang berasal dari kutub sel yang berlawanan.
8.	Sentromer (kinektor) membelah pada anafase dan kromatida bergerak menuju ke arah kutub yang berlawanan. Akhirnya terbentuk dua buah nukleus anak dengan ploidi yang sama (N, 2N) dengan nukleus semula.	Walaupun pasangan kromosom yang homolog berpisah pada anfase I, namun sentromer pada tahap ini belum membelah pada anafase II. Akhirnya terbentuk 4 buah nukleus anak yang haploid (N).
9.	Jumlah kromosom pernukleus tetap dipertahankan	Jumlah kromosom tiap nukleus dikurangi sehingga

NO.:	Mitosis	Meiosis
	pada sel anak (misalnya tetap 2N)	setiap sel anak (gamet) memiliki jumlah kromosom setengah nukleus semula (dari 2N tinggal N).
10.:	Karyotipe sel anak identik dengan sel induk. Materi genetik tetap konstan, kecuali jika ada mutasi.	Karyotipe sel anak satu sama lain tidak mesti sama dan juga tidak perlu sama dengan sel induk. Hal yang demikian mengakibatkan timbulnya variasi genetik

Disimpulkan dari informasi dalam E.D.P. DE Robertis, Cell and Moleculer Biology, 1987;441; David T. Suzuki et al, An Introduction to Genetic Analysis, 1986:40; dan Karen Arms and Pamela S. Camp. Biology, 1987:273.

BAB III

GAMETOGENESIS

Proses pembentukan gonad (sel kelamin) dinamakan gametogenesis. Perkembangan seekor hewan baru dimulai dengan gametogenesis, yaitu pembentukan telur dan sperma pada kedua induknya. Selama gametogenesis terjadi pembelahan meiosis yang mengurangi jumlah kromosom dari diploid menjadi haploid. Jika kedua gamet bersatu pada fertilisasi, gabungan kedua nukleusnya kembali membentuk 2N kromosom.

Gametogenesis secara berurutan dapat dibagi menjadi tiga perioda, yaitu :

1. Perioda perbanyakan
2. Perioda tumbuh
3. Perioda kematangan

(Tatang Djuhanda, 1981:13).

Proses pembentukan gamet ada dua macam, yaitu spermatogenesis dan oogenesis.

A. Spermatogenesis

Spermatogenesis adalah proses pembentukan sperma. Pada semua hewan spermatogenesis umumnya terbatas pada bagian tubuh tertentu yang biasanya berkembang sebagai alat gonad, yaitu testis. Gamet-gamet keluar dari tubuh melalui saluran sperma dari testis.

Struktur testis hewan sangat berbeda-beda, bisa

berupa kantong, saluran atau terdiri dari sejumlah besar ruang-ruang kecil. Testis vertebrata terdiri dari ribuan saluran (tubulus) sperma, yang masing-masing menghasilkan bermilyar-milyar sperma. Dinding tubulus sperma dilapisi oleh sel germinal primitif yang mengalami kekhususan, yang disebut spermatogonium, sperma = bibit, gonium = keturunan (Nawang Sari Soegiri, 1988: 321).

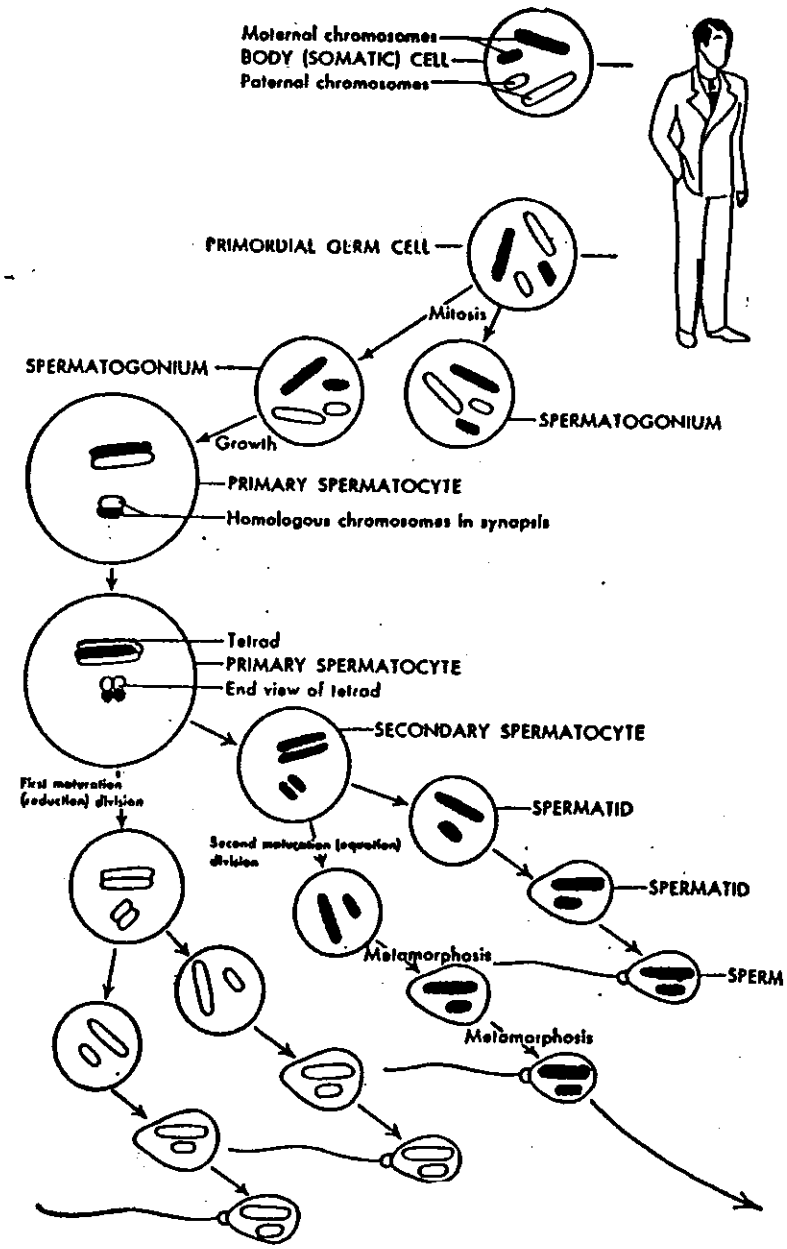
Selama perkembangan embrio dan perkembangan dini setelah lahir, spermatogonium membelah secara mitosis dan menghasilkan spermatogonium untuk tempat pertumbuhan testis. Setelah matang secara seksual, beberapa spermatogonium mulai melaksanakan spermatogenesis. Spermatogenesis menghasilkan sperma matang, sedangkan spermatogonium yang lain terus membelah secara metosis untuk menghasilkan spermatogonium labih banyak untuk proses spermatogenesis berikutnya. Pada sebagian besar hewan liar, terdapat masa perkawinan yang jelas, yaitu pada musim semi atau musim gugur. Pada masa kawin itu ukuran testis bertambah besar dan terjadi spermatogenesis. Pada masa diluar musim kawin testis mengecil dan hanya mengandung spermatogonium. Pada manusia dan sebagian besar hewan peliharaan setelah mencapai kamatangan seksual, spermatogenesis terjadi sepanjang tahun.

Spermatogenesis dimulai dengan pertumbuhan spermatogonium menjadi sel yang lebih besar disebut sperma-

tosit primer (lihat gambar 3).

Gambar 3

Spermatogenesis



(R.W. Hegner and K.A. Stiles, 1957:192)

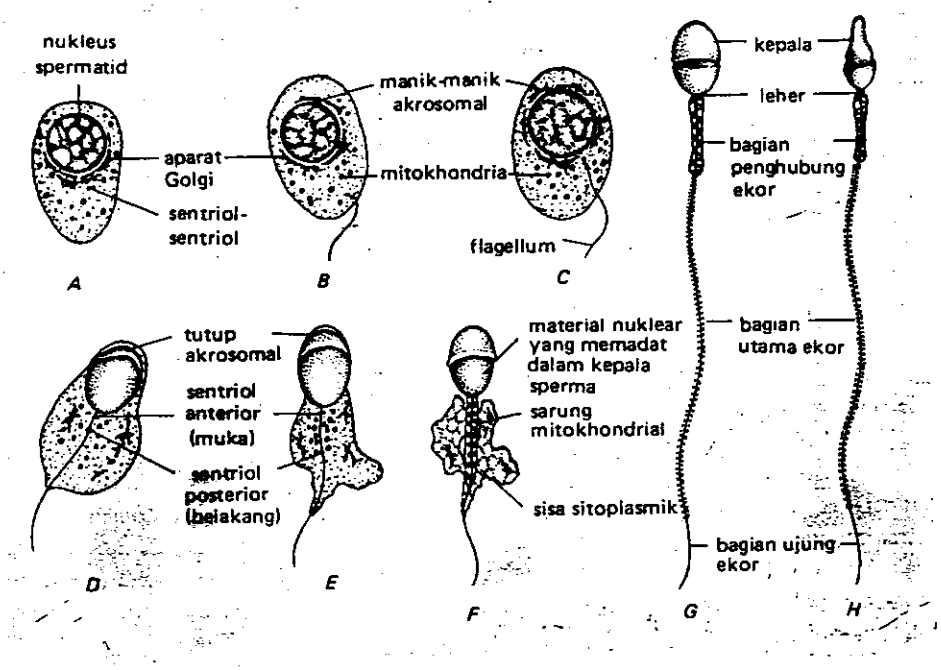
MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Spermatosit primer membelah secara metosis menjadi dua spermatosit sekunder yang sama besar, kemudian menjadi empat spermatit yang sama besar pula. Spermatit adalah sebuah sel bundar yang sebagian besar terdiri dari protoplasma, merupakan gamet dewasa dengan sebuah kromosom haploid. Proses perubahan spermatit menjadi sperma yang fungsional merupakan proses pertumbuhan dan differensiasi yang rumit.

Nukleus mengecil dan menjadi kepala sperma, sedangkan sebagian besar sitoplasmanya dibuang (lihat gambar 4).

Gambar 4

Tahap-tahap dalam Pematangan Spermatida



(Muchidin Apandi, 1987:35).

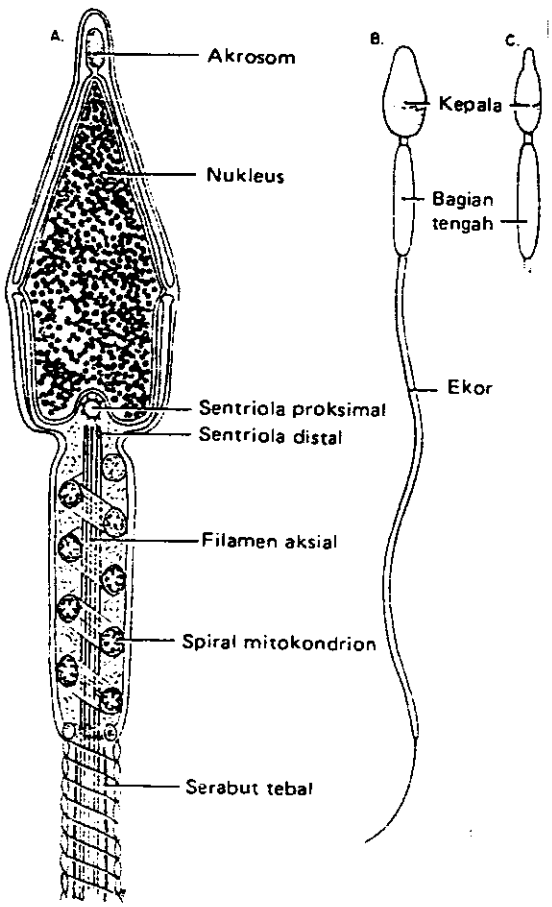
Granula sekretori dari badan golgi berkumpul pada ujung sperma dan membentuk sebuah tudung yang disebut akrosom (akros = ujung, soma = badan). Tudung ini mengandung enzim yang memegang peranan dalam menembus membran sel telur.

Kedua sentriol dari spermatit pindah ke suatu tempat dibelakang nukleus. Suatu lekukan kecil terjadi dipermukaan nukleus dan salah satu sentriol proksimal menempati lekukan tersebut, tegak lurus terhadap sumbu sperma. Sentriol kedua yaitu sentriol distal yang terletak dibelakang sentriol proksimal membuat filamen sumbu dari ekor sperma (lihat gambar 4 dan 5). Filamen ini terdiri dari dua serabut longitudinal ditengah dan sebuah cincin yang terdiri dari sembilan pasang serabut longitudinal mengelilingi dua serabut ditengah.

Mitokondria berpindah ke tempat dimana kepala bertemu dengan ekor dan membentuk bagian tengah yang kecil yang menyediakan energi untuk menggerakkan ekor. sebagian besar sitoplasma dari spermatit dibuang sebagai badan residu, yang diambil secara fagositosis oleh sel-sel sertoli dalam tubulus seminiferus. Sel-sel ini melindungi, menunjang dan memberi makan sperma yang sedang berkembang. Sperma matang hanya mempunyai lapisan tipis sitoplasma yang mengelilingi mitokondria dibagian tengah dan filamen sumbu ekor.

Gambar 5

Sperma yang Sudah Matang pada Manusia



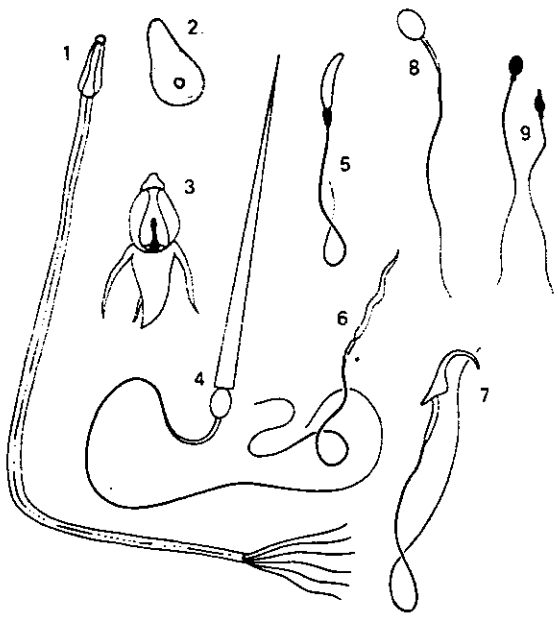
(Nawangsari Soegiri, 1988:323)

Spermatogenesis terjadi secara siklik disemua bagian tubulus seminiferus. Pada tiap bagian tubulus tahap-tahap spermatogenesis berlangsung secara berurutan. Pada manusia perkembangan spermatogonium menjadi sperma matang memakan waktu 16 hari (Nawangsari Soegiri, 1988:322).

Spermatozoa berbagai spesies hewan sangat berlainan. Terdapat variasi yang besar dalam ukuran dan bentuk ekor, bentuk kepala dan bagian tengahnya. Sperma hewan seperti ketam, udang batu dan cacing ascaris tidak mempunyai ekor dan bergerak dengan gerakan amuboid, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 6.

Gambar 6

Spermatozoa berbagai Spesies Hewan



(Nawangsari Soegiri, 1988:324).

B. Oogenesis

Ovum atau sel telur yang belum masak disebut oogonium. Oogonium berkembang di dalam ovarium. Dalam perkembangan awal oogonium mengalami banyak pembelahan metosis untuk membentuk oogonium tambahan. Oogonium mempunyai jumlah kromosom yang diploid. Oogonium berkembang menjadi oosit primer dan mulailah pembelahan meiosis I.

Didalam nukleus terjadi sinapsis atau pembentukan tetrad dan pemisahan kromosom homolog. Proses ini sama dengan yang terjadi pada spermatogenesis, tetapi pembagian sitoplasmanya tidak sama, sehingga menghasilkan satu sel yang besar, disebut oosit sekunder. Oosit sekunder mengandung kuning telur dan sitoplasma. Selain itu terdapat sel kecil yaitu badan kutub pertama yang hanya terdiri dari nukleus. Peranan badan kutub belum diketahui dengan pasti, karena badan ini hanya terlihat sebagai titik kecil pada kutub animal telur.

Pada pembelahan meiosis II oosit sekunder membelah dengan bagian yang tidak sama. Hasil pembelahan meiosis II berupa ootid dan badan kutub yang kecil. Ootid ukurannya lebih besar serta memiliki kuning telur dan sitoplasma. Ootid dan badan kutub mempunyai jumlah kromososm haploid. Bersamaan dengan pembentukan ootid, badan kutub pertama dapat membelah diri menjadi dua ba-

dan kutub.

Ootid mengalami perubahan lebih lanjut menjadi ovum yang masak. Perubahan ini tidak melalui pembelahan sel. Ketiga badan kutub kecil kemudian hancur dengan cepat, sehingga tiap oosit primer hanya menghasilkan satu ovum.

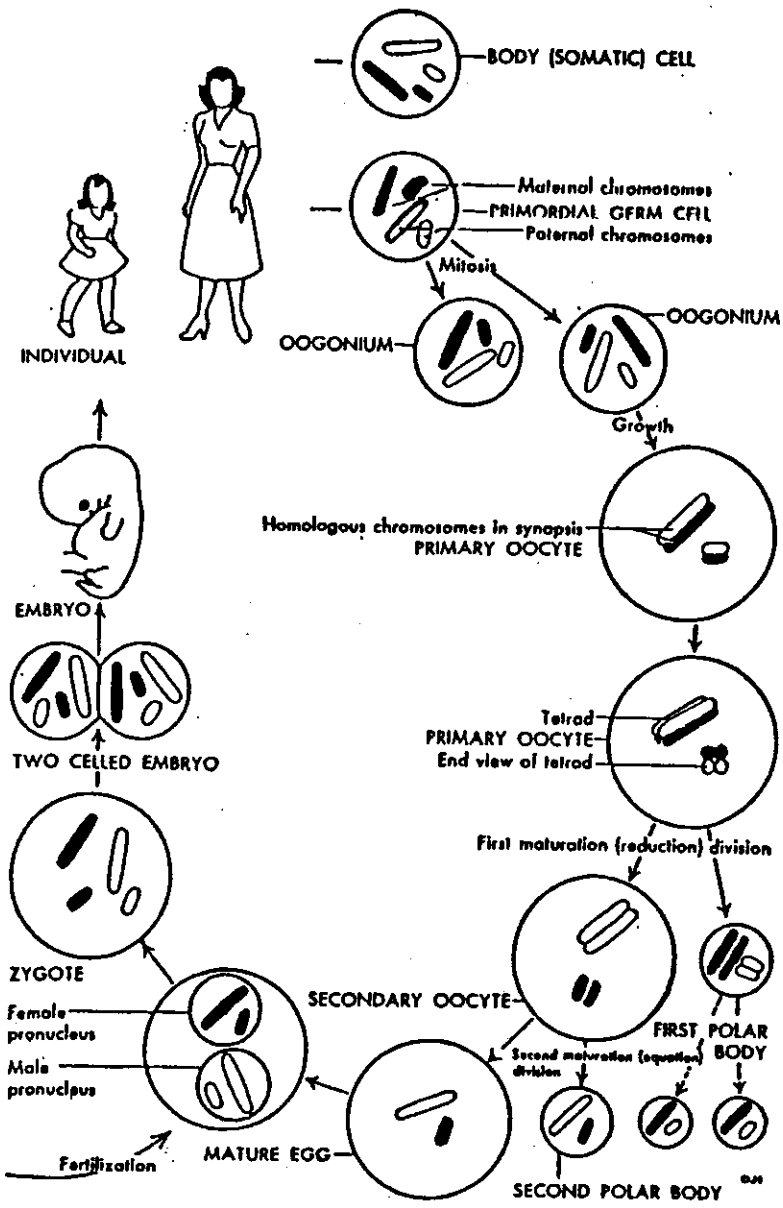
Pembagian sitoplasma yang tidak sama, akan menjamin telur yang matang cukup mempunyai sitoplasma dan kuning telur, sehingga dapat hidup terus jika dibuahi. Oosit primer menimbun semua kuning telurnya di dalam satu ovum. Ovum mampu mengatasi masalah pengurangan jumlah kromosom tanpa kehilangan sitoplasma dan kuning telurnya. Perkembangan sel telur dalam tubuh manusia dapat dilihat pada gambar 7.

1. Ovulasi

Oogenesis berakhir dengan keluarnya sel telur dari ovarium. Proses keluarnya sel telur dari ovarium disebut ovulasi. Pada umumnya sel telur (ovum) vertebrata mengalami pembelahan meiosis pada waktu ovulasi. Ovulasi pada telur mamalia terjadi karena LH (luteinizing hormon), tekanan turgor rongga folikel dan kontraksi otot pada techa folikel. Pada katak dan ikan ovulasi dapat terjadi karena jepitan dinding perut yang berkontraksi. Pada rodensia ovulasi terdi karena ransangan kopulasi.

Gambar 7

Tahap-tahap Oogenesis



(R.W. Hegner and K.A Stiles, 1957: 195)

Ada dua cara ovulasi yaitu secara spontan dan seca-stimuli. Ovulasi pada umumnya terjasi secara spontan. Telur keluar dengan sendirinya, seperti pada ayam, ikan, katak dan lain-lain. Ovulasi pada rodensia terjadi karena ransangan kopulasi yang diteruskan lewat sistem saraf, sehingga sekresi hormon LH meningkat dan terjadilah ovulasi. Ovulasi dengan stimuli hormon LH ini terjadi pada kelinci dan kucing. Adakalanya ovum tidak mengalami ovulasi karena kelainan atau suatu ciri khas pada hewan tertentu (Susilo Handari Suntoro, 1991 : 175).

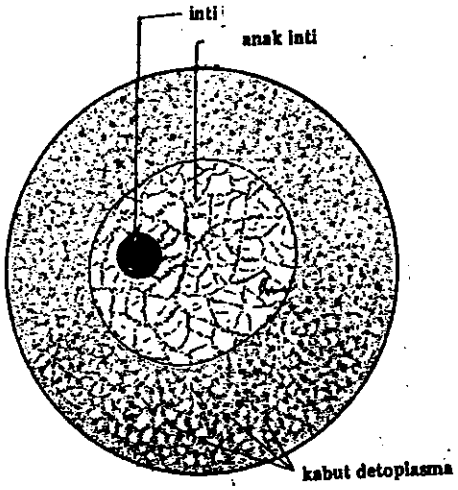
2. Bentuk-bentuk telur berdasarkan penyebaran kuning telurnya

Komposisi zat makanan yang disimpan dalam kuning telur pada berbagai spesies berbeda-beda. Kuning telur biasanya terdiri dari protein, posfolipid dan lemak yang teratur dalam granula.

Menurut Nawang Sari Soegiri jumlah dan penyebaran kuning telur di dalam ovum memegang peranan penting dalam menentukan pola perkembangan setelah terjadi pembuahan. Telur bulu babi dan mammalia, mempunyai sedikit kuning telur yang tersebar merata dalam sitoplasma. Telur seperti ini disebut <u>isolesital</u> (isos= sama, lekitos= kuning telur), atau ada yang menyebut homolesital (lihat gambar 8 dan 9).

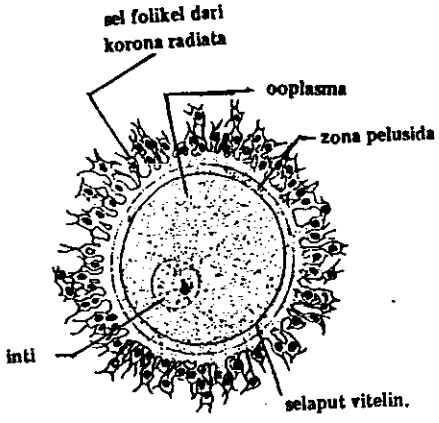
Gambar 8

Telur Isolesital Pada Bulu Babi



Gambar 9

Telur Isolesital Pada Mammalia



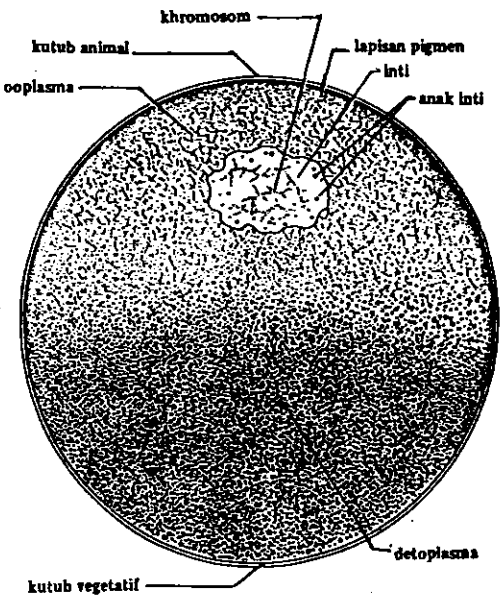
(Tatang Djuhanada, 1984:9-11)

Hewan-hewan seperti cacing pipih, keong, ketam dan sebagian besar vertebrata, mempunyai telur yang kuning telurnya berkumpul pada kutub vegetatif atau kutub bawah. Telur seperti itu disebut telur telolesital (telos= pangkal, lekitos= kuning telur). Kutub atas atau kutub animal mengandung nukleus dan

sitoplasma dengan sedikit kuning telur. Katak, reptil dan bangsa burung adalah contoh hewan yang memiliki telur tipe telolesital. Katak memiliki telur telolesital sedang. Reptil dan burung mempunyai telur yang kuning telurnya paling besar (lebih kurang 90%). Sel telur yang terbesar biasanya memiliki tipe telolesital. Sel telur yang paling besar adalah telur burung Ostrik, telur ini memiliki kuning telur dengan diameter lebih dari 6 cm (Nawang Sari, 1988 : 324).

Gambar 10

Telur Telolesital Pada Katak



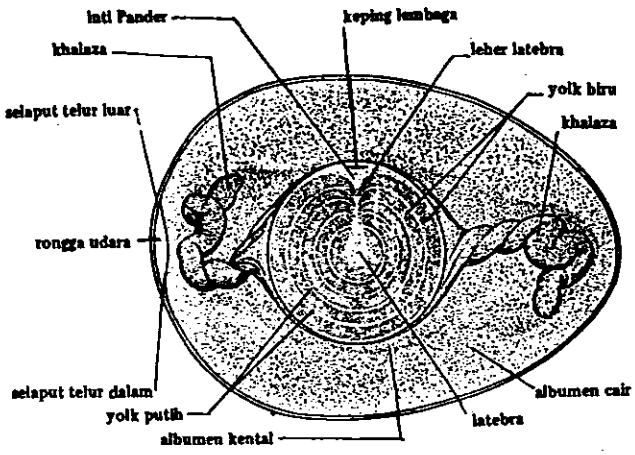
(Tatang Djuhanda, 1984 : 9-11)

Telur artropoda, terutama insekta, mempunyai pola penyebarab kuning telur yang berbeda dengan di atas. Kuning telur terkumpul di tengah-tengah telur dan sitoplasma. Seluruh permukaan telur dibungkus

sitoplasma yang hanya berupa lapisan tipis. Untuk lebih jelas lihat gambar 12.

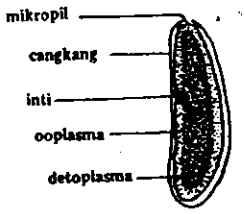
Gambar 11

Telur Telolesital Pada Ayam



Gambar 12

Telur Sentrolesital Pada Lalat Buah



(Tatang Djuhanda, 1984: 9-11)

3. Bentuk-bentuk telur berdasarkan jumlah vitelus (kuning telur)

a. Alechital

Telur ini hampir tidak mempunyai vitelus. telur jenis ini biasanya berukuran mikroskopis.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

b. Oligolechital

Telur jenis oligolechital mempunyai sedikit vitellus. Telur mammalia termasuk jenis ini, kecuali platipes (mammalia bertelur).

c. Polylechital

Telur polylechital mengandung banyak vitellus, berukuran besar (1-3 mm). Telur ikan dan katak termasuk jenis polylechital.

d. Megalechital

Telur megalechital sangat banyak mengandung vitellus, sehingga inti terdesak ke tepi. Telur burung dan reptil termasuk jenis megalechital (Susilo Handari Suntoro, 1990 : 176).

4. Selaput telur

Selaput telur terdiri dari beberapa lapisan yaitu primer, sekunder dan tersier. Selaput primer terbentuk oleh permukaan ooplasma berupa membrana vitelina. Fungsi selaput primer untuk mempertahankan organisasi telur dalam sistim sumbu, selain itu juga berfungsi untuk proteksi terhadap kelebihan spermatozoa yang masuk ke telur. Membrana vitelina juga berfungsi sebagai selaput embrio primer yang menyelubungi blastomer. Membrana vitelina tetap ada sampai blastula, dan pecah bila embrio tumbuh (Susilo Handari Suntoro, 1990: 178)

Selaput sekunder dibentuk oleh jaringan ovarium. Termasuk pada selaput sekunder adalah corona radiata, zona pellucida (zona radiata). Fungsi selaput sekunder adalah sebagai saluran makanan terhadap sel telur pada waktu pembentukannya di ovarium. Sel folikel pada mammalia terdiri dari beberapa lapisan, sedangkan pada katak hanya satu lapis. Sel telur yang muda masih diselubungi sel folikel secara ketat. Waktu ovulasi sel folikel lepas, tetapi pada mammalia selubung corona radiata masih tetap ada menjelang spermatozoa masuk.

Selaput tersier dibentuk dalam saluran telur sampai uterus. Termasuk pada selaput tersier adalah selaput lendir atau albumen pada telur burung, khorion pada telur ikan. Pada hewan bertelur, selaput tersier ini mengalami modifikasi menjadi lapisan yang kuat sebagai pelindung terhadap pengaruh lingkungan. Modifikasi itu berupa kulit kapur, kapsul dan lain-lain.

BAB IV

PEMBUAHAN (FERTILISASI)

Pembuahan (fertilisasi) adalah peristiwa masuknya sperma ke dalam sel telur (ovum). Pembuahan mulai bila sperma benar-benar telah melekat pada ovum (John W Kinbal, 1983: 365). Ovum yang telah dibuahi disebut zigot. Zigot artinya berpasangan atau berhubungan, yang berasal dari peristiwa berpasangannya kromosom gamet pihak jantan dan pihak betina yang haploid, sehingga zigot memiliki susunan kromosom diploid.

Tempat fertilisasi pada hewan tidak selalu sama antara satu dengan yang lain. Tempat-tempat fertilisasi antara lain :

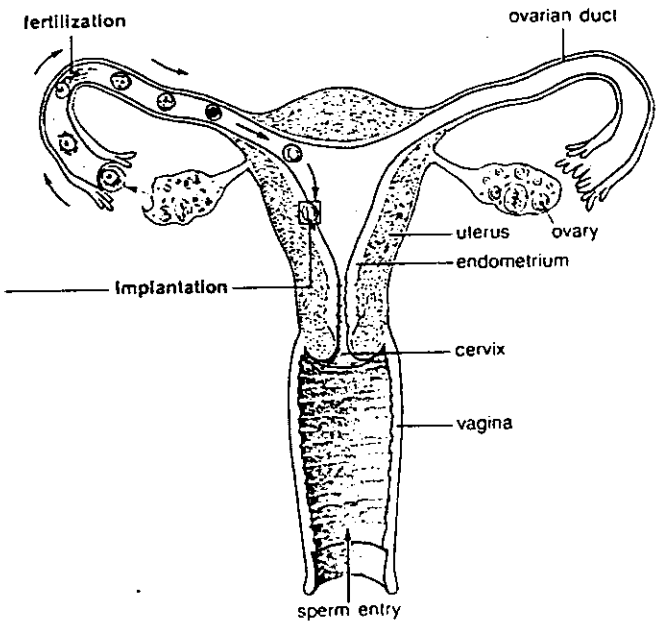
a. Di posterior saluran telur (oviduct, tuba), terjadi pada Urodela, Gymnophiona.
b. Di anterior oviduct, terjadi pada reptilia, aves, elasmobranchii dan mammalia.
c. Pada rongga peritonium antara ovarium dan infundibulum, terjadi pada sebagian aves dan urodela.
d. Pada folikel ovarium, terjadi pada ikan gabus.
e. Pada kantong telur jantan, terjadi pada tangkur kuda
f. Di air, terjadi pada pisces, amphibia dan lain-lain.

(Wildan Yatim, 1982: 119)

Tempat-tempat fertilisasi tersebut dapat dilihat pada gambar 13.

Gambar 13

Tempat-tempat Fertilisasi



(Starr Taggart, 1984:466)

Fertilisasi terjadi antara dua jenis gamet yang berbeda yaitu sperma dan ovum. Fertilisasi terjadi tidak pada tempat terbentuknya gamet. Untuk itu gamet setelah terbentuk akan menuju tempat fertilisasi. Sekarang kita lihat tahap perjalanan gamet ke tempat fertilisasi.

A. Perjalanan Sperma ke Tempat Pembuahan.

Sperma (gamet jantan) sebelum sampai ke tampat fertilisasi menempuh tahap-tahap perjalanan sebagai berikut :

1. Perjalanan dalam tubuh jantan
2. Perjalanan di luar tubuh jantan
3. Perjalanan dalam tubuh betina

1. Tahap perjalanan dalam tubuh jantan

Sperma dibuat dalam tubulus seminiforus. Sperma yang dihasilkan dalam tubulus ini mengandung sedikit cairan (plasma). Sperma dari tubulus seminiforus diteruskan ke vas efferent. Aliran sperma ini disebab kan oleh tekanan volume dalam tubulus. Volume ini meningkat karena :

a. Meningkatnya getahan sel sertoli berupa plasma
b. Merembesnya cairan dari ruang antar sel antara tubulus ke dalam tubuh
c. Menumpuknya sperma yang dihasilkan

Dalam vas efferent sperma bergerak pelan sekali. Perjalanan dalam vas efferent berlangsung berhari hari. Gerakan sperma dalam saluran ini disebabkan oleh :

a. Meningkatnya produksi tubulus (sperma, plasma) sehingga mendesak sperma yang didepan untuk maju.
b. Gerakan mengayuh cilia dinding vas efferent.

Dari vas efferent sperma yang telah bercampur dengan plasma masuk ke ductus epididymis. Perjalanan dalam ductus epididymis lebih pelan lagi, berlansung berminggu-minggu sampai mendekati sebulan. Selama dalam perjalanan sperma mengalami pematangan fisiologis dan dicadangkan untuk dikeluarkan sewaktu-waktu secara besar-besaran. Gerakan sperma dalam ductus epidi-

dymis disebabkan :

a. Tekanan volume dari vas efferent

b. Kerutan otot dinding epididymis

c. Penumpukan getahan kelenjer dinding epididymis berupa plasma

d. Kerutan otot dinding vas deferens secara peristaltik, yang bertindak sebagai pompa pengisap sehingga sperma mengalir maju ke arah distal.

Dari ductus epididymis sperma masuk ke vas deferens. Sperma bergerak karena kerutan otot dinding vas deferens, terutama pada hewan yang membuahi dalam tubuh betina. Kerutan otot itu terjadi sewaktu-waktu saja, yakni ketika terjadi coitus atau oleh ransangan sex yang kuat. Pada banyak hewan vas defferens juga berfungsi sebagai tempat cadangan sperma sampai berbulan-bulan. Pada pisces sperma dapat disimpan dalam saluran ini selama 5 sampai 6 bulan sampai musim kawin tiba.

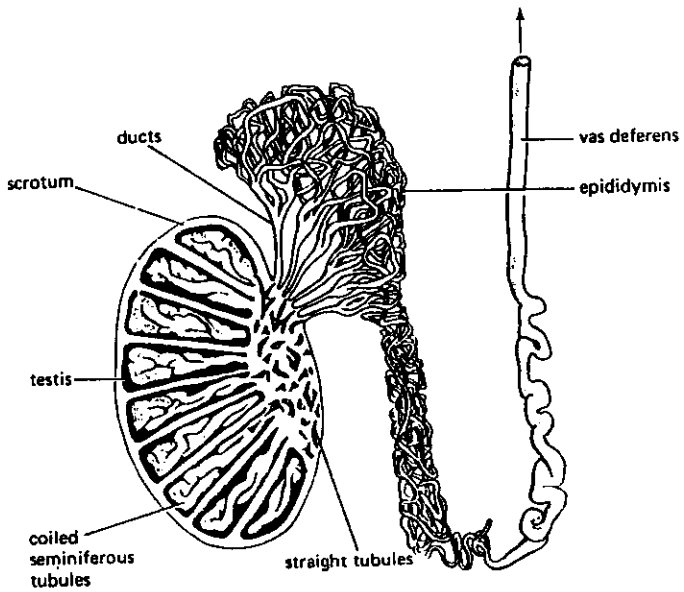
Setelah menerima getahan vesicula seminalis berupa plasma yang bermuara ke vas defferens jumlah plasma dari sperma pun meningkat. Sperma yang bercampur dengan plasma biasa disebut dengan mani. Saluran vas defferens memiliki lapisan otot yang lebih tebal. Bagian vas defferens yang gembung sebelum menerima plasma dari fesicula seminalis disebut ampula. Ampula dapat pula berfungsi sebagai tempat menyimpan mani se-

mentara. Pada sapi sperma di dalam ampula bisa tahan sampai dua atau tiga hari.

Untuk lebih jelasnya bagian-bagian saluran kelamin jantan yang dilewati sperma ke tempat pembuahan dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 14

Tahap perjalanan Sperma



(Fleur L Strand, 1983:565)

2. Tahap perjalanan diluar tubuh jantan

Pada kebanyakan Avertebrata, Pisces dan Amphibia, mani dikeluarkan jantan dekat pada telur yang baru dikeluarkan betinanya. Pengeluaran mani dan telur biasanya berlangsung secara bersamaan. Pengeluaran secara bersamaan ini disebut spawning. Karena itu perjalanan diluar tubuh jantan sangat pendek sekali. Sperma bergerak aktif dalam medium air untuk mencapai telur,

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

lalu membuahinya.

Pada reptilia, aves dan mammalia fertilisasi terjadi di dalam tubuh betina, karena itu perjalanan di luar tubuh jantan tidak ada. Sperma diantarkan langsung ke dalam tubuh betina.

3. Tahap perjalanan dalam tubuh betina

Mani diantarkan ke tubuh betina melalui alat pengantar yang dimasukkan atau menempel erat dengan saluran kelamin betina. Pada pisces fertilisasi terjadi dalam tubuh betina (seperti pada ikan paus dan hiu), mani disalurkan oleh sirip dubur atau sirip pelvis yang berubah bentuk. Pada reptilia jantan terdapat hemipenis yang merupakan tonjolan cloaca. Hemipenis berfungsi untuk menyalurkan mani ke dalam tubuh betina. Pada aves mani dipancarkan lansung ke cloaca betina dengan cara menempelkan cloaca jantan ke cloaca betina secara ketat. Bagian cloaca yang menempel itu disebut proctodea (Radiopoetro, 1983:528,547). Pada beberapa aves dan semua mammalia, mani disalurkan malalui alat khusus yang disebut penis.

Waktu yang dibutuhkan sperma untuk mencapai tempat pembuahan berbeda pada masing-masing species. Pada tikus, mencit dan domba waktu yang dibutuhkan sperma untuk mencapai tempat fertilisasi sekitar 15 menit. Manusia antara 30 menit sampai 3 jam. Kelinci dan ayam sekitar 1 jam (Wildan Yatim, 1982:120).

Pada hewan yang fertilisasi terjadi di dalam ovarium, gerakan sperma di rongga peritomium dibantu oleh gerakan cilia yang terdapat pada dinding rongga tersebut.

Spermatozoa di dalam tubuh betina dapat hidup beberapa lama. Pada elasmobranchii sperma dapat tahan hidup beberapa bulan. Pada ikan lebistes dan gabus sperma dapat hidup satu tahun. Pada ayam sperma dalam saluran kelamin betina dapat tahan selama dua sampai tiga minggu. Pada kebanyakan mammalia spermatozoa hanya dapat hidup di saluran kelamin betina selama satu sampai tiga hari (Wildan Yatim, 1983:121).

Mani mengandung berjuta-juta spermatozoa. Spermatozoa yang dikeluarkan memiliki beragam bentuk. Spermatozoa yang mampu menembus ovum adalah spermatozoa yang berbentuk normal. Jumlah spermatozoa normal yang terdapat dalam mani akan menentukan tingkat kesuburan. Untuk mengetahui bentuk sperma yang normal dan abnormal dapat dilihat gambar 15.

B. Perjalanan Ovum

Jauh perjalanan ovum tergantung pada tempat fertilisasi. Perjalanan ini dapat dibagi atas 3 daerah yaitu :

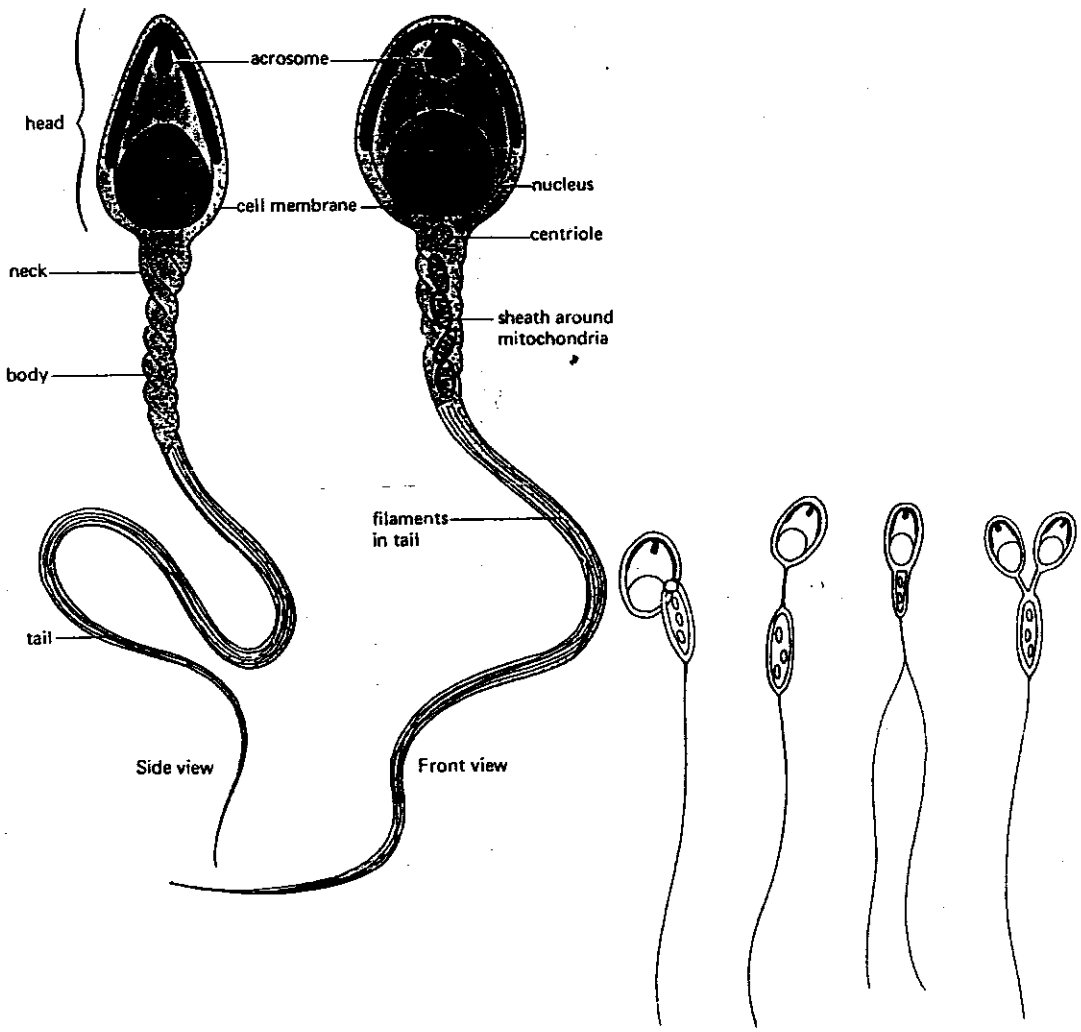
1. Perjalanan melalui peritonium
2. Perjalanan melewati oviduct
3. Perjalanan ke luar tubuh betina

Pada peristiwa ovulasi ovum dilontarkan oleh folikel ovarium ke peritonium. Ovum yang dilontarkan ini akan

disambut oleh infundibulum. Infundibulum dirancang khusus seolah-olah menyerupai jari-jari yang disebut fimbriase. Begitu ovum dilontarkan ke luar maka fimbriase langsung menyambutnya, sehingga sedikit sekali kemungkinan ovum akan jatuh ke rongga abdomen.

Gambar 15

Bentuk Sperma yang normal dan abnormal



(Fleur L Strand, 1983:564,566).

Infundibulum dan fimbriase pada masa ovulasi aktif bergerak mendekati dan membungkus ovarium dengan sempurna. Sementara itu tuba akan menghasilkan cairan yang adesif terhadap ovum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 16.

Gambar 16

Perjalanan Ovum

(Starr Taggart, 1984: 580).

Dari infundibulum ovum akan bergerak menuju tuba fallopii. Gerakan ovum dibantu oleh gerakan cilia dan otot dinding tuba. Pada manusia dan mammalia umumnya, fertilisasi terjadi di tuba.

Pada hewan yang fertilisasi di luar tubuh, ovum dari tuba akan terus ke uterus. Ovum akan ke luar tubuh dengan bantuan kontraksi uterus dan saluran pencernaan.

Pada hewan ini, uterus berguna untuk tempat cadangan ovum sebelum spawning. Perjalanan ovum sebelum fertilisasi tergantung pada letak tempat pembuahan, dan tempat pencadangan ovum sebelum spawning.

Berbeda dengan sperma, daya tahan ovum jauh lebih lemah. Ketahanan ovum untuk fertil (dapat dibuahi dan tumbuh) hanya sekitar 24 jam (Wildan Yatim, 1983:122). Bahkan ada hewan yang daya tahan ovumnya rendah sekali, seperti kera. Kera tidak bisa hamil bila fertilisasi tidak bisa berlangsung jika tidak bersamaan dengan ovulasi. Bila dalam batas waktu tersebut ovum tidak dibuahi maka ovum akan terdegenerasi dan rusak.

C. Pemasukan Spermatozoa ke Dalam Ovum

Supaya telur (ovum) dapat dibuahi, harus diawali dengan pertemuan antara spermatozoa dengan ovum. Spermatozoa lalu menembus lapisan cumulus, zona pellucida dan selaput vitellin. Kejadian ini berlangsung pada waktu satu sel sperma mendekati dan memasuki ovum.

1. Penelanjangan Ovum

Pada beberapa species, ovum yang dilontarkan sewaktu ovulasi masih memiliki selubung. Selubung ini terdiri dari sel-sel. Sel-sel tersebut dikenal dengan corona radiata dan cumulus oophorus yang telah menyelubungi ovum semenjak dalam folikel. Beberapa penelitian mengamati penelanjangan ovum dari selubungnya,

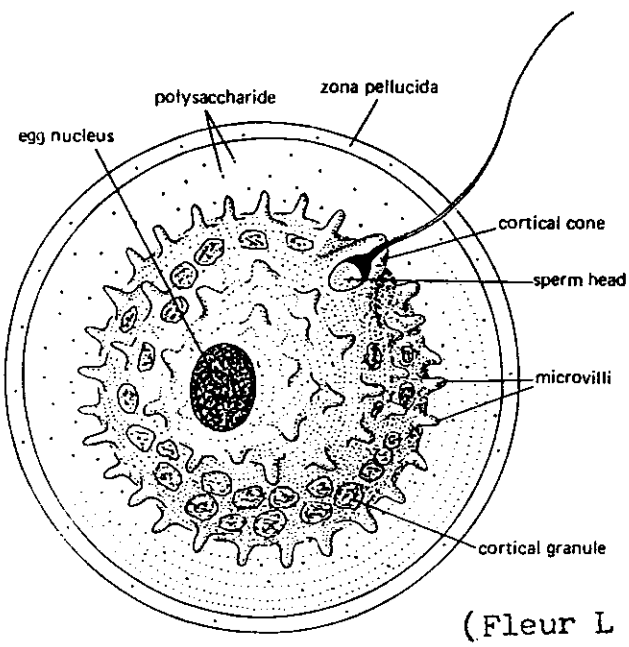
dipengaruhi oleh enzim dari plasma yang disebut hyaluronidase. Bukti-bukti inilah yang menimbulkan dugaan bahwa enzim hyaluronidase memegang peranan penting dalam fertilisasi ovum mammalia (R.Djanuar, 1985:114)

2. Penembusan ovum oleh spermatozoa

Pada waktu spermatozoa mendekati ovum, sel-sel cumulus dan corona radiata akan mengarahkan spermatozoa ke ovum. Spermatozoa di dekat ovum akan mengeluarkan androgamon yang disebut akrosin yang gunanya untuk menghancurkan zona pellucida. Zona Pellucida yang dihancurkan hanya berupa lubang kecil yang cukup untuk menerobosnya spermatozoa. Pada echinodermata dan mamma lia spermatozoa yang menembus zona pellucida hanya bagian kepala, sedang ekor tetap diluar. Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar 17.

Gambar 17

Penembusan Ovum oleh Spermatozoa



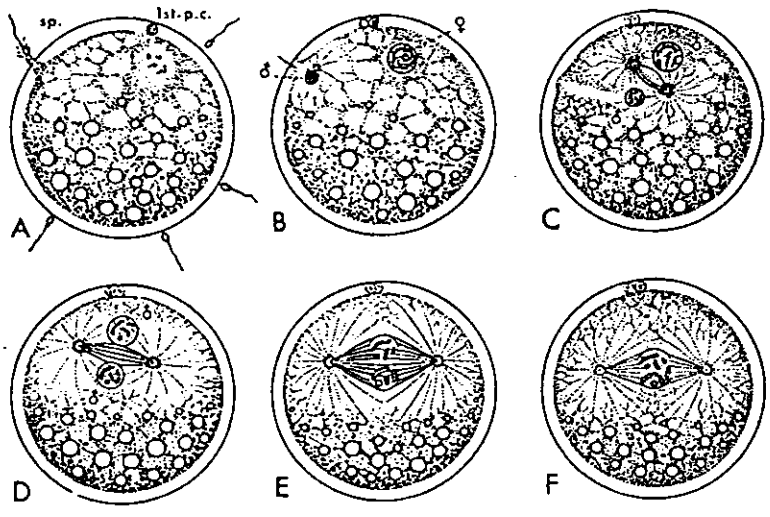
(Fleur L Strand, 1983:573)

Dibagian dalam zona pellucida terdapat sel-sel granulosa yang mengelilingi ovum yang disebut corona radiata. Sel-sel ini disatukan oleh asam hyaluronad. Untuk menembus zona ini spermatozoa mengeluarkan androgamon hyaluronidase yang akan melarutkan asam hyaluronad sehingga kepala spermatozoa bisa masuk (Wildan Yatim, 1983:124)

Setelah menembus zona pellucida dan corona radiata, spermatozoa akan masuk ruang perivitellin. Ruang perivitellin ini sempit sehingga kepala spermatozoa langsung menempel pada selaput vitellin. Spermatozoa akan menempel pada kuning telur dan diisapi secara phagocytosit (R.Djanuar, 1985: 114-115). Tahap penembusan spermatozoa ke ovum dapat dilihat pada gambar 18

Gambar 18

Tahap-tahap Fertilisasi



(Bradley M Patten, 1958:72)

3. Jumlah spermatozoa yang masuk ke dalam ovum

Setelah satu spermatozoa melewati zona pellucida, terjadi suatu perubahan yang mempersulit penembusan zona. Pada beberapa hewan seperti tikus, anjing dan domba, reaksi zona ini terjadi cepat sekali, sehingga spermatozoa yang masuk ke dalam ruang perivitellin sedikit. Pada kelinci tidak terjadi reaksi zona karena itu banyak sperma yang menembus zona pellucida. Sebab-sebab reaksi zona diperkirakan karena menempelnya spermatozoa pertama pada vitellus dan secara serentak menimbulkan reaksi pada selaput, sehingga tidak responsif lagi terhadap spermatozoa lain. Jadi reaksi zona dan vitellin keduanya mengurangi kemungkinan penembusan lebih dari satu spermatozoa. Keadaan ini mencegah terjadinya polyspermi. Jika lebih dari satu spermatozoa yang masuk ke dalam ovum disebut supermurerary. Polyspermi di dalam ovum, umumnya menyebabkan zigot tidak berkembang secara normal. Polyspermi biasanya dianggap sebagai suatu kondisi yang tidak normal (R.Djanuar, 1985: 115). Jadi pengurangan spermatozoa dalam saluran kelamin betina penting artinya sebagai pencegahan lebih dari satu spermatozoa yang memasuki ovum.

4. Pembentukan pronuklei jantan dan betina

Salah satu pengaruh utama penembusan sperma-

tozoa ke dalam ovum adalah aktifasi telur dan awal pembentukan badan kutub kedua. Badan kutub dibentuk dan terpecah belah sewaktu kepala dan ekor spermatozoa ditarik masuk oleh vitellus. Akan tetapi absorpsi spermatozoa yang sempurna tidak berarti terjadi fertilisasi.

Spermatozoa setelah masuk ke dalam vitellus kepalanya akan membengkak sehingga hilang bentuknya. Selaput pembungkus kepala menghilang dan makin lama makin tidak kelihatan. Selama peristiwa ini bahan-bahan nukleus terdesak menjauh dari acrosome. Setelah nucleoli tampak, mula-mula seperti titik kecil lalu perlahan bersatu membentuk burtiran yang besar dan tergabung dalam pronukleus. Pronukleus diselubungi selaput nukleus.

Pembentukan pronukleus betina berlansung menurut pola sebagai berikut; Segera setelah terbentuk badan kutub kedua dengan sempurna, bahan kromatin telur menjadi massa yang tidak teratur dan bersifat basophilik. Nukleolus terbentuk dan diselubungi oleh selaput. Biasanya nukleolus betina tampak pada waktu yang bersamaan atau segera sesudah tampaknya nukleolus jantan. Perubahan ini terjadi dalam jangka waktu dua sampai tiga jam sesudah penembusan spermatozoa.

5. Peleburan pronukleus (syngamus)

Syngamus merupakan peristiwa peleburan pro-

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

nukleus jantan dan betina. Peristiwa ini merupakan tingkat terakhir dari serentetan kejadian fertilisasi. Sewaktu pronukleus terbentuk keduanya menuju kutub yang sama. Pada tingkat pengembangan yang sempurna, kedua pronukleus saling berdempet. Sewaktu peleburan dimulai keduanya memiliki ukuran yang berkurang dari semula, nukleolus menghilang lalu diikuti dengan hilangnya selaput nukleus. Kelompok kromosom seakan-akan menggantikan hilangnya nukleolus. Kedua kelompok kromosom bergerak saling mendekat. Kemudian diikuti oleh perkembangan kromosom ke tingkat metafase dan tampak segera proses pembelahan spindel yang pertama. Waktu terjadinya pronukleus sampai keawal pembelahan spindel yang pertama pada umumnya 12 sampai 20 jam (R. Djanuar, 1985: 113).

BAB V

PEMBELAHAN

Pembelahan atau cleavage terjadi akibat proses pembuahan. Pada proses pembelahan terjadi perbanyakan sel secara mitosis yang berlansung berulang-ulang. Zigot hasil pembuahan membelah menjadi sejumlah blastomer-blastomer. Blastomer akan membentuk lembaga atau bakal alat (Tatang Djuhanda, 1981: 23).

Pembagian protoplasma dan deutoplasma (yolk) penting dalam menentukan arah dan cara pembelahan. Diketahui bahwa pada telur telolesital, nukleus hasil pembuahan, selalu pindah dari tengah telur menuju kebagian yang sedikit memiliki deutoplasma. Karena itu pembelahan lebih cepat pada bagian yang sedikit deutoplasmanya. Bagian yang memiliki deutoplasma sedikit adalah daerah kutub animal (bagian kutub vegetatif) pada telur. Akibatnya pada telur tipe telolesital dan jenis megalesital pembelahan hanya terjadi pada keping lembaganya saja, sedangkan di dalam deutoplasma tidak terjadi pembelahan .

A. Tipe-tipe Pembelahan

Ada dua tipe pembelahan yaitu; pembelahan total dan pembelahan partial (Susilo Handari Suntoro, 1990 : 199).

1. Pembelahan total

Pembelahan total atau holoblastis berlansung

pada telur tipe asital dan isolesital. Contoh hewan yang memiliki telur tipe itu adalah echinodermata, coelenterata, molusca, vermes dan sebagainya. Telur hewan-hewan ini memiliki sedikit deutoplasma. Pembelahan berlansung melalui saluran telur, pembelahan seperti ini disebut pembelahan total.

Pembelahan total dapat berupa equal kalau blastomer-blastomer yang terjadi sama atau kira-kira sama. Pembelahan lain berupa unequal kalau blastomer yang terjadi tidak sama. Melihat kedudukan bidang pembelahan terhadap sumbu telur, maka pembelahan total dapat dibagi atas tipe-tipe sebagai berikut: tipe radier, tipe spiral dan tipe bilateral (Tatang Djuhanda, 1981 : 24).

a. Tipe radier

Tipe ini terdapat pada porifera dan echinodermata yang telur-telurnya bundar. Bidang pembelahan pertama adalah meredional membagi dua telur secara simetris. Bidang pembelahan kedua meredional tegak lurus terhadap pembelahan pertama. Dengan demikian terbentuk 4 blastomer yang sama besar. Bidang pembelahan ketiga equatorial, sehingga terjadi empat sel animal dan empat sel vegetatif. Pembelahan ini diikuti pembelahan keempat yaitu dua pembelahan meridional sehingga terjadi 16 sel, delapan sel di daerah animal dan 8 di daerah vege-

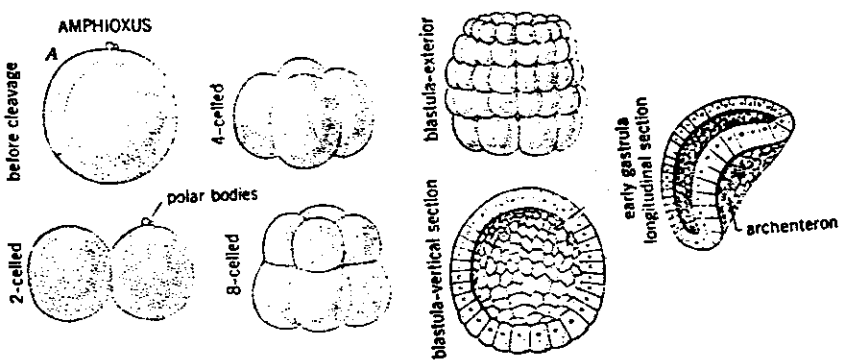
tatif. Sel-sel di daerah animal bentuknya kecil-kecil sehingga disebut micromer. Sel-sel pada daerah vegetatif lebih besar dinamakan macromer. Pembelahan kelima terjadi secara equatorial, sehingga terjadi 32 sel. Begitulah pembelahan sel berlansung terus menerus, akhirnya pembelahan menjadi tidak teratur.

b. Tipe bilateral

Tipe pembelahan bilateral umumnya terjadi pada telur coelenterata, ascidia dan amphioxus. Pembelahan 1 dan 2 adalah meridional melalui kutub animal dan kutub vegetatif dan menghasilkan empat sel yang tidak sama besarnya. Sel-sel tersebut tersusun secara bilateral simetris.

Gambar 19

Pembelahan Tipe Bilateral



(Storer and Usinger, 1961: 140)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP

c. Tipe spiral

Pembelahan tipe spiral terjadi pada telur cacing dan molusca. Awal pembelahan seperti pada tipe radier, dimana dua bidang meridional menghasilkan empat blastomer yang sama besar. Bidang equatorial berikut lebih dekat pada kutub animal hingga terjadi empat blastomer animal yang lebih kecil(mikromer). Empat blastomer vegetatif memiliki ukuran yang lebih besar(makromer), jadi pembelahan yang ketiga adalah unequal. Stadium enam belas sel dihasilkan oleh pembelahan miring terhadap delapan sel, sehingga blastomer-blastomer yang baru letaknya tidak di atas blastomer yang sudah ada.

2. Pembelahan partial

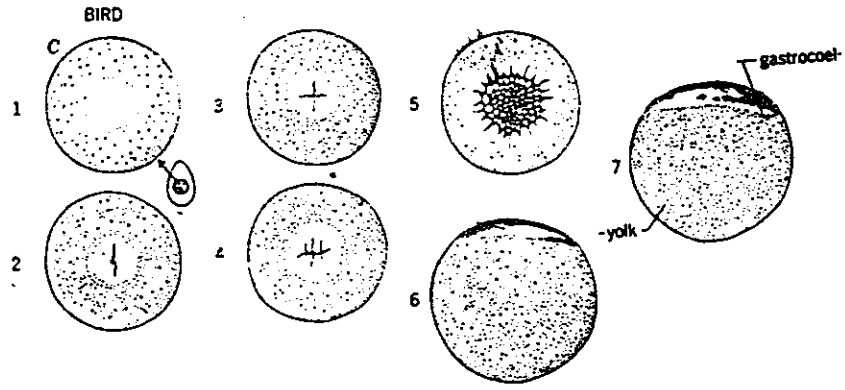
Pembelahan partial atau meroblastis terdiri dari dua tipe pembelahan yaitu; diskodial dan superfisial.

a. Tipe diskodial

Tipe diskodial terjadi pada telur-telur yang mempunyai banyak deutoplasma, biasanya telur tersebut masuk tipe megalesital. Ooplasma terdesak pada daerah keping lembaga. Pembelahan tidak bisa terjadi melalui deutoplasma sebanyak itu, contoh pembelahan ini dapat dilihat pada telur ayam, untuk lebih jelah lihat gambar 20.

Gambar 20

Pembelahan Tipe Diskodial



(Storer and Usinger, 1961: 140)

b. Tipe superfisial

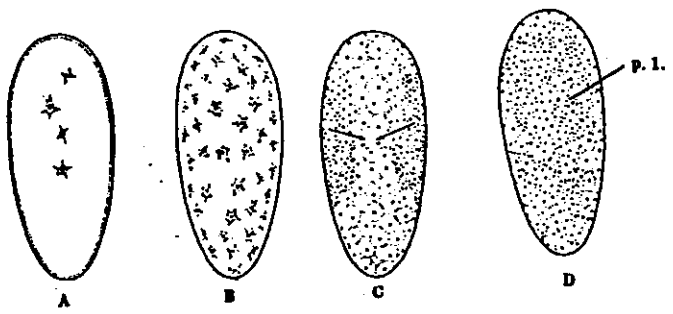
Pembelahan tipe superfisial terjadi pada telur-telur tipe centrolecithal. Telur ini memiliki deutoplasma yang banyak sekali di bagian luarnya, sehingga merupakan bagian tersendiri yang dinamakan megalesital yang diliputi lapisan protoplasma telur. Lapisan protoplasma yang tipis ini dinamakan blastem kulit lembaga yaitu bakal kulit lembaga. Di tengah-tengah telur di dalam deutoplasma terdapat inti.

Pada proses pembelahan, inti membelah diri dengan cepat sehingga menjadi 4, 6, atau 8 inti. Setiap inti diselimuti oleh protoplasma yang amuboid. Bentuk inti yang seperti itu memungkinkan inti pindah ke permukaan telur, dan mengambil tem-

pat dalam blastem kulit lembaga. Plasma yang menyelimuti inti bersatu dengan plasma blastem dan inti-inti tersebut mulai membelah kembali, dari pembelahan inilah terbentuk blastomer. Untuk lebih jelas lihat gambar 21

Gambar 21

Pembelahan Tipe Superfisial



(Tatang Djuhanda, 1981: 29)

B. Mekanisme Pembelahan Pada Berbagai Telur

Kejadian terakhir akibat fertilisasi adalah pembelahan mitosis berulang pada telur yang disebut pembelahan (cleavage). Bidang pembelahan pertama dari telur isolesital melewati kutub animal dan kutub vegetatif telur dan menghasilkan dua sel yang sama (lihat gambar 22. Bidang pembelahan kedua juga melewati kutub animal dan kutub vegetatif tetapi tegak lurus pada yang pertama dan membagi sel menjadi empat. Pembelahan yang ketiga horizontal, tegak lurus pada bidang kedua dan embrio terbagi menjadi empat sel di atas dan empat sel

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

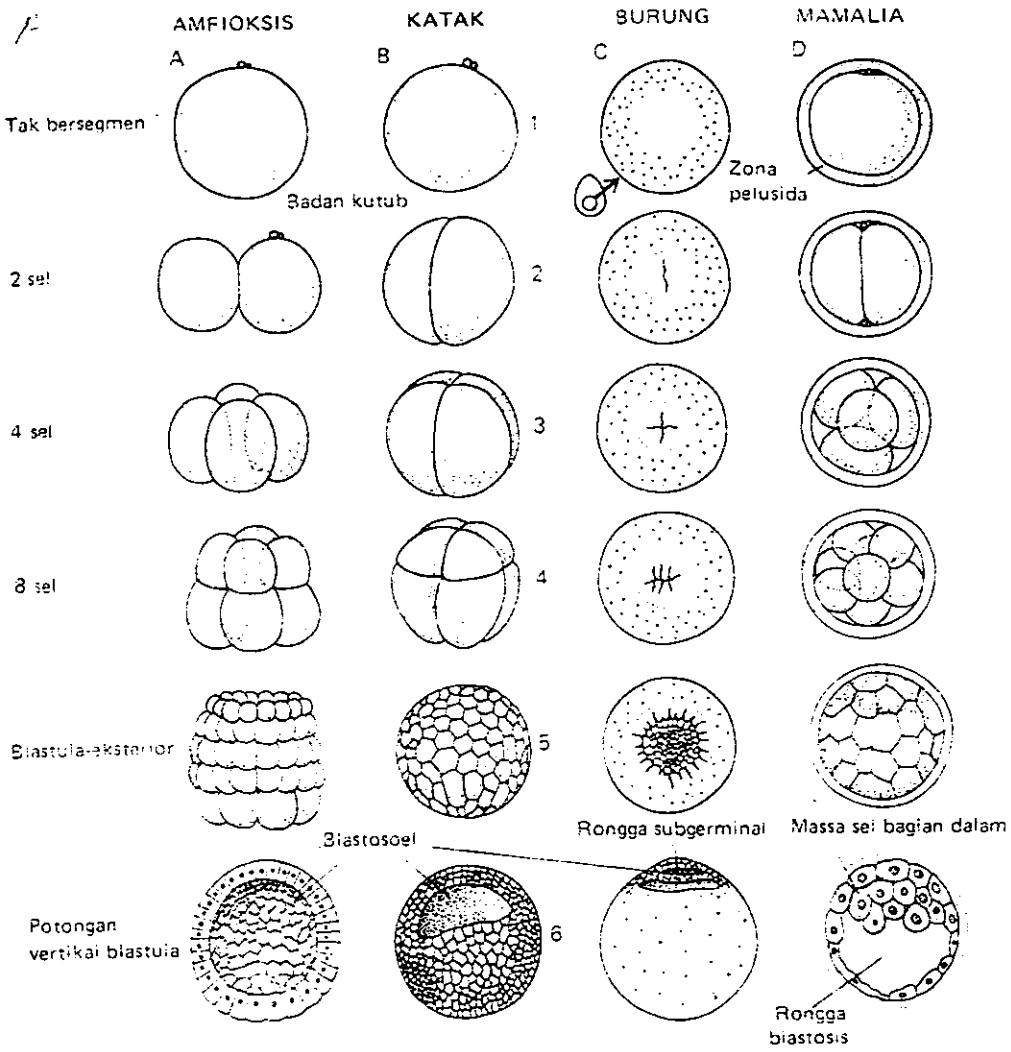
di bawah bidang pembelahan. Pola pembelahan yang demikian disebut radial(Nawang Soegiri, 1988: 338), karena bidang pembelahannua selalu sejajar atau tegak lurus pada sumbu kutub telur.

Pembelahan selanjutnya menghasilkan embrio yang mempunyai 16, 32, 64, 128 sel dan seterusnya, sampai terbentuk suatu bola sel berongga yang disebut blastula (blastos= tunas). Selama pembelahan ukuran embrio tidak meningkat dan embrio menggunakan bahan yang tersimpan dalam kuning telur. Karena sel-sel terarah dan melekat satu sama lain pada permukaan, maka terbentuklah suatu rongga di tengah-tengah yang disebut blastocoel. Pada embrio yang berasal dari telur yang memiliki sedikit kuning telur, dinding blastocoel terdiri dari satu lapis sel.

Kuning telur menghambat pembelahan sehingga pembelahan lebih mudah dan lebih cepat pada sitoplasma yang tidak berkuning telur. Jadi jumlah dan distribusi kuning telur jelas mempengaruhi pola pembelahan dan dapat menghasilkan blastomer dengan berbagai ukuran, yaitu makromer dan mikromer. Telur katak merupakan telur telolesital yang sedang, dan pembelahan sel yang berasal dari bagian bawah telur katak diperlambat oleh kuning telur sehingga blastula terdiri atas banyak sel kecil pada kutub animal dan beberapa sel besar pada kutub vegetatif (lihat gambar 22).

Gambar 22

Tipe-tipe Pembelahan Pada Berbagai Telur



(Nawangsari Soegiri, 1988: 339)

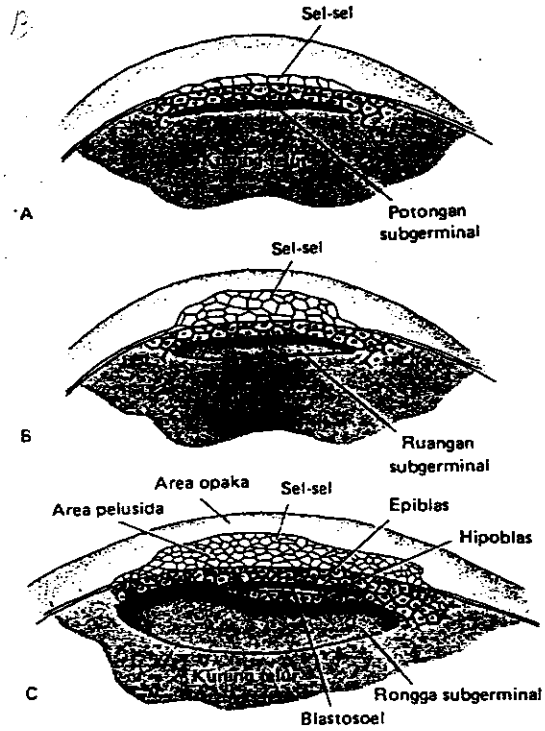
Dinding bagian bawah blastula jauh lebih tebal dari bagian atas dan blastocoel memipih serta terdesak ke atas.

Pada telur burung hanya sebuah cakram sitoplasma kecil pada kutub animal yang mengalami pembelahan.

Telur bagian bawah yang penuh dengan kuning telur tidak membelah. Pembelahan dikatakan tidak sempurna (lihat gambar 22 dan 23).

Gambar 23

Pembelahan yang Tidak Sempurna Pada Telur Ayam



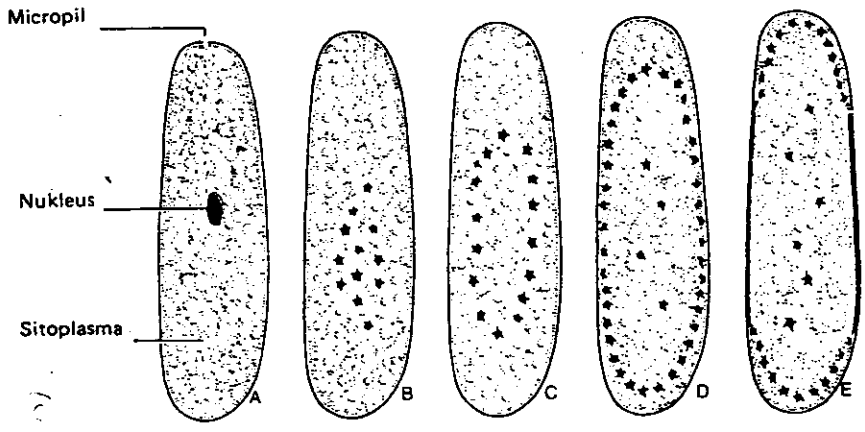
(Nawangsari Soegiri, 1988: 340)

Hewan dengan telur sentrolesital seperti insekta, juga mengalami pembelahan yang tidak sempurna, tetapi pola pembelahannya berbeda dengan pembelahan pada telur katak dan burung. Tipe pembelahan pada telur insekta termasuk tipe superfisial. Pembelahan dimulai dengan pembelahan nukleus dalam sitoplasma sentral. Setelah beberapa kali pembelahan nukleus, nukleus keluar dari tengah-tengah telur. Tiap nukleus dikelilingi oleh sito-

plasma sentral asli. Setelah nukleus sampai pada permukaan telur, sitoplasma yang mengelilingi nukleus menyatu dengan lapisan superfisial sitoplasma dan menghasilkan suatu sintitium yang menutupi permukaan telur. Setelah itu sitoplasma dibagi-bagi oleh membran yang menjulur dari permukaan ke dalam (lihat gambar 24). Blastomer berhubungan dengan kuning telur, tetapi akhirnya terputus, karena zat-zat dalam kuning telur perlahan-lahan habis. Tahap ini dapat disamakan dengan pembentukan blastula meskipun tidak terdapat rongga yang dapat disamakan dengan blastocoel. Blastoderm mengelilingi kuning telur yang tidak mengalami pembelahan, jadi bukan suatu rongga.

Gambar 24

Pembelahan Pada Telur Insekta



(Nawangsari Soegiri, 1988: 340)

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

DAFTAR PUSTAKA

Amrs, Keren and Pamela's, Camp, Biology Third Edition, Philadelphia Sounders, College Publishing, 1987.

Apandi, Muchidin, Dasar-dasar Genetika, Edisi kedua, Erlangga, Jalan Keramat 4 No. 11, Jakarta, 1987.

Bawa, Wayan, Biologi Sel, Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta, 1988.

Djanuar, R, Fisiologi Reproduksi dan Inseminasi Buatan pada Sapi (terjemahan), Gajahmada University Press, 1983.

Djahanda, Tatang, Embriologi Perbandingan, CV. Armico, Bandung.

Gayatri, Embriologi dan Teratologi, Bagian 1, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, Padang, 1985.

Goin, Coleman J and Olive B Goin, Man the Natural World, 1975.

Gilbert, Scott F, Developmental Biology, Sinauer Associetes, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts, 1985.

Heimer, Steven B. Oppen, Introduction to Embryonic Development, California State University, Northridge, 1980.

Kimball, John W. Biology (terjemahan), jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1988.

Patten, Bradley M. Foundation of Embriology, Mc Graw Hill Book Compagny- Inc. New York, 1958.

Radiopoetro, Zoologi.Erlangga, Jakarta, 1983.

Robertis, De, E.D.P and E.M.F Robertis, Cell and Moleculer Biology, Eight Edition, Philadelphia, 1987.

Soegiri, Nawangsari. Zoologi Umum (terjemahan), jilid 1. Erlangga, Jakarta, 1988.

Storer, Tracy T and Usinger Robert L. Elements of Zoology, Mc Graw Hill Book Company Inc - New York, 1961.

Suntoro, Susilo Handari, Struktur dan Perkembangan Hewan, Proyek Pelatihan Tenaga Kependidikan, Fakultas Biologi Universitas Gajahmada, 1990.

Suzuki, David T, et.al. An Introduction to Genetic Analysis. Third Edition, New York, 1986.

Strand, Fleur L. Physiology A Regulatory Systems Aproach, Mac Millan Puplishing Co, Inc. New York, 1983.

Winokur, Morris, General Biology. Littlefield, Adams & Co, USA, 1962.

Wolfe, Cell Ultra Structure, Belmonnt, California; Wad Worth Publishing Company, 1985.

Yatim, Wildan, Reproduksi dan Embryologi, Tarsito, Bandung, 1982.